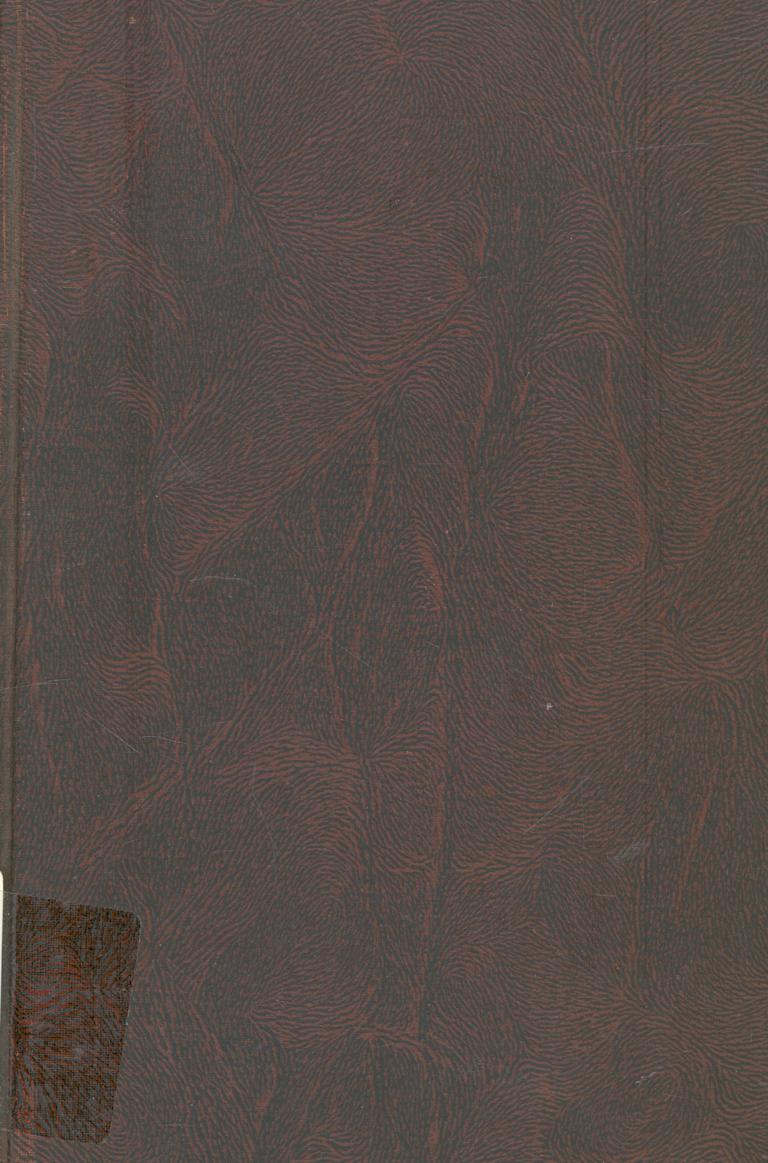
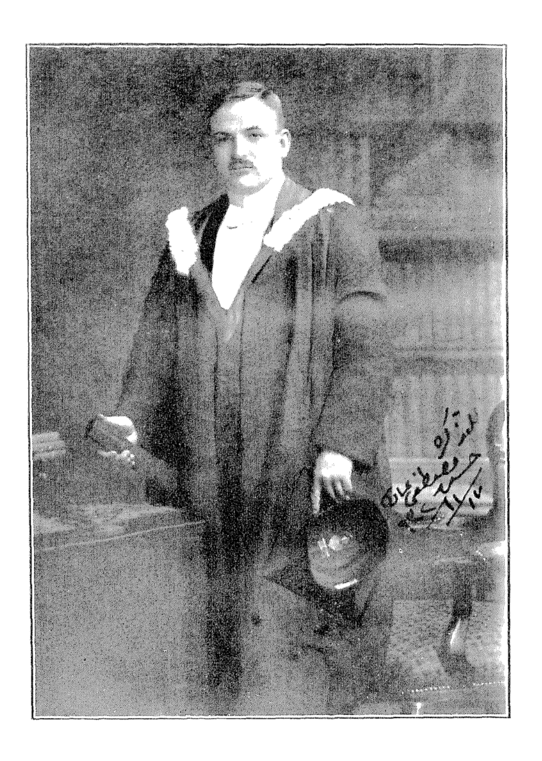




حسن مصطفى عبـادى

مؤلف « مبـادىء علم الفلك العملى الحديث »



مبادئ علم الفلك العملى الحديث

تأليف

حسن مصطفى عبادى

~~مفتش بالادارة الفنية بمصلحة المساحة~~

بكالوريوس فى العلوم

درجة امتياز شرف فى الهندسة الملكية

مهندس ملكى بقرار مجلس وزراء بريطانيا

عضو منتسب بجمعية المهندسين الملكيين (لندن)

عضو (دائم) بجمعية المهندسين الملكيين (باريس)

حائز مدالية امتياز (رسالة التنبؤ حالة عن النيل عند انخفاضه)

عضو (ممتاز) بجمعية العلماء والمخترعين (بباريس)

الجزء الأول

مطبعة الاعتماد بشارع حسن الاكبر بمصر

١٣٥٠ — ١٩٣١

بسم الله الرحمن الرحيم

وما توفيقى إلا بالله عليه توكلت واليه أنيب

•

اللهم بنورك اهتديت وبقدرتك استعنت وعلى قوتك اعتمدت وبوحيك كتبت وما أوتيت من العلم إلا قليلا وقل رب زدنى علماً

سبحان من جعل لنا فى طلوع الشمس وغروبها آية وفى انقلاب الليل والنهار خير هداية وفى بزوغ النجوم ودوران الفلك حكمة يدق ادراكها على العقل السليم.

أحمده وأشكره وأستعين به وأستلهمه التوفيق أنه هو الحكيم العليم (وبعد) فكل شىء فى الوجود ينطق بعظمة الخالق ويشهد ببارع تنظيمه وتقديره وبديع تكوينه. فمن آياته أن جعل لنا النجوم لنهتدى بها فى ظلمات البر والبحر وجعل الشمس تجرى لمستقر لها وقدر للقمر منازل وألقى فى الأرض رواسى أن تميد بكم «وترى الجبال تحسبها جامدة وهى تمر مر السحاب صنع الله الذى أتقن كل شىء» وهذه آياته البينات تحفز الشعور وتحرك كامن الاحساس وتدعو الى التسبيح بحمد الخالق، فجعلت مظهر تسبيحى وشكرى وانحنائى أمام دقة مهندس الكون الأعظم أن أذيع بياناً صغيراً عن سر ناحية من النواحى الدقيقة فى العمران تلك هى ناحية « الفلك العملى » .

وعلم الفلك ليس وليد العصور الحديثة بل هو علم أزلى عرفه قدماء المصريين، —واليونان القدماء ولم يخف على العرب فى بداوتهم ولكنه تطور تطوراً محسوساً فى الأيام الأخيرة وأخرجت المدرسة الحديثة الألمانية آراء عملية كانت مستورة فنقلت إلى الانكليزية والفرنسية واللغات الأخرى .

كما أنه لم يعرف المثلث الكرى إلا عن جوس Gauss فى كتابه المشهور الذى طبع سنة ١٨٠٩ م وهو الذى نقل عنه الدكتور بول — حجة الصحارى

المصرية — أحسن طريقة لايجاد خط العرض فى الصحارى المصرية فى القرن العشرين (أنظر فصل خط العرض فى الجزء الثانى)

ولم يرد وصف المثلث الكرى فى الانكليزية حتى طبع الاستاذ شفونيه Chauvenet كتابه سنة ١٨٥٠ فى حساب المثلثات المستوية والكرية .

ولقد نهلت هذه المعلومات من تعليمى بجامعة أدنبره باسكتلندة وعن الاستاذ السير (هدسن بير) ونقلاعن المصادر الالمانية والامريكية ومن مذكراتى فى الفلك

ولقد توخيت فى كتابى هذا السهولة ليفهمه الدارس المبتدىء والمساح البسيط والضابط الملاح فى البحر والهواء والمهندس الكبير .

ولا يفوتنى أن أترحم على أول من بذر بذور هذا العلم فى مصر وكان موفقاً فى غزو مجاهله وغامض متونه « المغفور له محمود [اسماعيل] باشا الفلكى »

كما أقدم خالص شكرى وتقديرى لمجلة الهندسة المحترمة التى وسعت لى صدرها لأنشر بين دفتيها عصارة أدمغة الفلكيين

وأجد نفسى مقصراً فى ثنائى على المجهود الذى قام به صديقى وزميلى الفاضل محمود افندى احمد وكيل حفظ الآثار العربية بوزارة الاوقاف فى تنقيح الطبع ومراجعته

وفى ختام هذه العجالة لايسعنى إلا أن أشيد بذكر ذلك الرجل الكبير المتواضع نصير العلم وخادمه «حضرة صاحب العزة محمود بك حنفى مدير عام مصلحة المساحة المصرية » فهو الذى شجعنى على القيام بهذا العمل .

« وأن ليس للانسان إلا ما سعى ، وأن سعيه سوف يرى ، ثم يجزاه الجزاء الأوفى — وأن إلى ربك المنتهى » .. النجم

مصر الجديدة فى نوفمبر سنة ١٩٣١ حسن مصطفى عبادى

الفصل الأول

الارصاد الفلكية العملية

هى التى تعين الانسان على تعيين النقط على سطح الكرة الأرضية وهى الضابطة لخطوط ونقط المساحة وتنحصر فى ايجاد

(١) خط العرض Latitude

(٢) الوقت Time

(٣) خط الطول Longitude

(٤) الانحراف عن خط الشمال Azimuth

وذلك بالرصد أى بمقاس اتجاهات الشمس والقمر والنجوم والأجرام الأخرى السماوية بصرف النظر عن بعدها وحركتها وخواصها الطبيعية اذ تعتبر انها أجسام مرئية ذات مواقع معروفة يمكن عمل القاسات بالنسبة لها

المصطلحات الفلكية

الكرة السماوية Celestial Sphere

يمكننا اعتبار جميع الأجرام السماوية واقعة على سطح كرة وهمية مركزها عين الراصد (الناظر) ونصف قطرها بلا نهاية والموقع الظاهرى لأى جرم على

الكرة السماوية يمكن تعيينه بخط يوصل النظر بالجرم وبامتداده الى أن يلتقى بالكرة السماوية الوهمية و بذا يمكن حل جميع المسائل التى تشمل مقاس الزوايا المحصورة بين النقط فى الفراغ السماوى والزوايا المحصورة بين سطحين أو أكثر وتمر بمركز الكرة السماوية وذلك بتطبيق معادلات المثلثات الكروية

الحركة الظاهرية للكرة السماوية Apparent Motion of the Celestial Sphere

يجد الناظر الى السماء ليلا ساعات متواصلة أن نجومها تشرق ظاهراً من الشرق وتغرب ظاهراً فى الغرب و بالاتجاه الى الشمال السماوى وهى نقطة معروفة بالقطب يتلاحظ أنها فى حركتها من الشروق الى الغروب ترسم أقواساً من دوائر كبيرة فيما يقع منها عند خط الاستواء وتصغر هذه الدوائر الى أن تتلاشى فيما يقع منها عند القطب ومعنى ذلك أن حركة الكرة السماوية تدور حول محور مار بالقطبين السماويين والحقيقة أن هذه الحركة الظاهرية ناشئة من حركة الأرض حول محورها من الغرب الى الشرق بعكس الحركة الظاهرية للناظر الى النجوم

فمن راقب سفينة سائرة من الغرب الى الشرق محاذية للشاطئ ظهر له الشاطئ سائراً من الغرب الى الشرق ولا يشعر بسير السفينة فى الاتجاه المضاد وكذا يظهر للراكب قطاراً ماراً من الغرب الى الشرق بأن أعمدة التلغراف الموازية للسكة الحديدية تسير من الشرق الى الغرب

حركة الكواكب Motion of Planets

للناظر الى المجموعة الشمسية من نقطة بعيدة خارجها من الشمال نحو الجنوب يرى الكواكب والأرض تدور حول (تسبح) الشمس فى أشكال بيضية (دائرة قطع ناقص Elliptic Orbits) تقرب فى شكلها من الدائرى وحركتها فى اتجاه مخالف لعقربى الساعة أى أنها تدور الى اليسار والأرض تدور حول محورها

مرة فى اليوم فى اتجاه مخالف لعقربى الساعة والقمر يرسم حول الارض طريقاً لا يقرب من الدائرى ولكنه مخالف لدوران عقربى الساعة والكرة السماوية بنجومها وكواكبها وشمسها وقمرها كأنها تدور فى اليوم مرة حول الأرض فى اتجاه عقربى الساعة

والنجوم لبطء حركتها وتغير مواقعها تظهر كأنها ثابتة على الكرة السماوية بينما تتغير المواقع الظاهرة للأجرام الاخرى فى المجموعة الشمسية بسرعة بين النجوم ولذا سميت النجوم بالثوابت تمييزاً لها عن السيارات

حركة الشمس

تتحرك الشمس ببطء اذ تنتقل نحو (١°) درجة فى اليوم شرقاً بين النجوم وتتم دورتها حول الارض فى سنة

حركة القمر

يتحرك القمر شرقاً بين النجوم أسرع من الشمس فيقطع مقدار قطره فى ساعة و يتم دورته فى شهر قمرى

حركة الكواكب كمجموعة بين النجوم

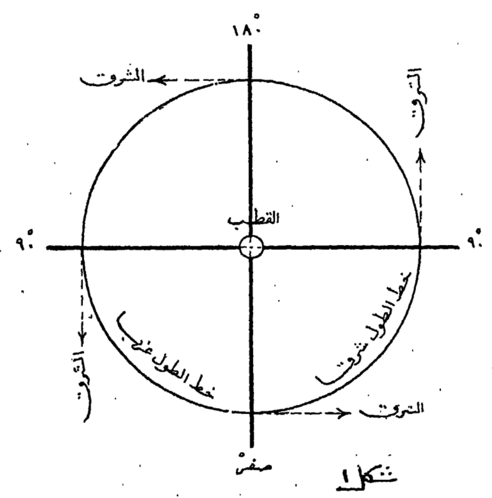
كلها تتحرك شرقاً بين النجوم ولكن بما أننا على سطح متحرك فالحركة الظاهرية لنا تتكون من حركة حقيقية للكواكب حول الشمس وحركة ظاهرية ناشئة من دوران الارض حول الشمس ولذا ترى الكواكب فى وقت ما تتحرك غرباً أعنى تنقلب حركتها الى حركة رجعية

معنى الشرق والغرب

معناها فلكياً هو بخلاف معناها المعروف عند تطبيق الاتجاهات الواقعة على سطح واحد كما هى الحالة فى أعمال المساحة ومعناها الفلكى هو الاتجاهان

العموديان على سطح خط الزوال Longitude or Meridian ففى الكروكى شكل ١ تجد أن اتجاه الواقف عند غرينتش Greenwich أساس خط الطول (أى صفر) هو عكس الواقف شرقاً على بعد ١٨٠° درجة منه

فيستنتج من هذا ومن الشكل بأن الشرق والغرب معناهما اتجاه الدوران



شكل ١

دائرة البروج أو حركة الارض الفلكية حول الشمس Earth's Orbital Motion

تتحرك الأرض شرقاً حول الشمس مرة فى السنة فى مستوى شكله قطع ناقص Ellipse وتقع الشمس فى احدى بورتيه Focus

قانون العالم كبلرعن مسطحما تقطعه الارض فى أوقات معينة Kepler's law

بما أن الأرض تبقى فى موقعها بحكم الجاذبية فالخط الموصل الشمس بالارض

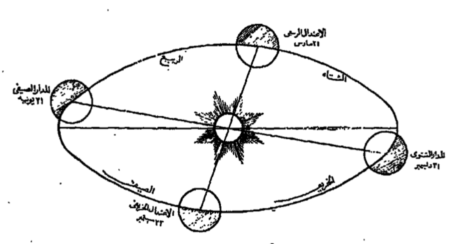
يقطع مساحات متساوية من سطح القطع الناقص للمجموعة الشمسية فى أوقات متساوية
سطح خط الاستواء الارضى مائل على سطح دائرة البروج بمقدار ٢٣½° درجة تقريبا

وتنقسم دائرة البروج الى (١٢) قسما أو برجاً كل برج (٣٠°) تقريباً ومن الابراج (٦) واقعة شمال خط الاستواء وهى حمل ، ثور ، جوزاء ، سرطان ، أسد ، سنبلة و (٦) واقعة جنوب خط الاستواء السماوى وهى ميزان ، عقرب ، رامى ، جدى ، دَلْو ، حوتين

تكوين الفصول Seasons

محور حركة الارض ثابت ولذا يتجه لنفس الاتجاه فى السماء السنة عقب السنة وينشأ اختلاف الفصول من ميل المحور ومن الحقيقة بان المحور يبقى موازيا لنفسه فعند ما تكون الأرض فى ذلك الجزء من دائرة البروج ونصفها الشمالى من المحور فى اتجاه مضاد للشمس فعندئذ يكون فصل الشتاء فى النصف الشمالى من الكرة الارضية وتظهر الشمس عند — أقصى مداها جنوبا فى ٢١ ديسمبر وفى ذلك الوقت يكون النهار قصيراً والليل طويلا وتظهر الشمس فى أقصى مداها

تكوين الفصول



شكل ٢

شمالا فى ٢١ يونيه وهو مبدأ فصل الصيف فى النصف الشمالى من الكرة وفيه النهار يطول والليل يقصر .

وفى ٢١ مارس و ٢٢ سبتمبر يتساوى الليل والنهار عند الاعتدالين Equinoxes .

المصطلحات الفلكية — النقط والدوائر الأساسية

المصطلحات الآتيـة هى المستعملة عادة فى الاعمال الفلكية العملية وهى الضرورية لتحديد موضع الفلك السماوى على الكرة السماوية بواسطة الاحداثيات الكروية (Spherical Coordinates)

خطوط العرض

هى دوائر متوازية عمودية على محور الارض المار بقطبيها ومرسومة على سطحها على ابعاد متساوية بينها

ومعلوم أن خط الاستواء يقسم الكرة الى قسمين متساويين كل منهما ٩٠°

خطوط الطول

قسّم الكرة الى شقق مارة بالقطبين متساوية العروض عند دائرة خط الاستواء فطول كل شقة محصورة بين القطبين يسمى خط الطول . وتقسم خطوط الطول دائرة خط الاستواء الى قسمين كل منهما ١٨٠° درجة ومبدأ المقاس اختيارى بالنسبة لكل قطر فى العالم فالانجليز يعتبرون غرينتش Greenwich مبدأ المقاس أعنى خط الطول المار بها وكان المرحوم محمود باشا الفلكى يعتبر الهرم الاكبر مبداه وعلى ذلك يعتبر خط الطول شرقا اذا كان على يمين مبدأ النقطة المعتمدة غربا وغربا اذا كان على يسارها — وانى اقترح أن يتخذ العالم الاسلامى الكعبة بمكة المكرمة أساس خطوط الطول لأنها قبلة العالم الاسلامى .

خط الاستواء Equator

اذا انقسمت الكرة الى شطرين أحدهما شمالى والآخر جنوبى فالفاصل بينهما فى شكل دائرة عظيمة يسمى خط الاستواء لاستواء الليل والنهار عليه وكل دائرة تقسم الكرة الى شطرين متساويين هى دائرة عظيمة واذا امتد سطح دائرة خط الاستواء الى الكرة السماوية فأنه يقطعها فى دائرة عظيمة تقسمها الى شطرين عند دائرة الاستواء السماوى أو خط الاعتدال .

محور الارض وقطباها

هو الخط الذى تدور حوله الارض من الغرب الى الشرق مرة فى كل ٢٤ ساعة ونقطتا تقاطع المحور بسطح الكرة هما القطبان . و بعبارة اخرى هما طرفا محور الأرض

محور الكرة السماوية وقطباها

اذا امتد محور الارض شمالا وجنوبا فهو محور الكرة السماوية يقطع سطحها فى نقطتين أحدهما القطب الشمالى السماوى Celestial Pole ويستدل عليه بنجم معروف هو النجم القطبي Polaris وهو ضمن الشكل المعروف بالدب الاصغر والاخرى القطب الجنوبى و يستدل عليه بشكل كشكل الصليب ويسمى بالصليب الجنوبى (Southern cross)

الخط الرأسى

هو العمود الواقع فى اتجاه الجاذبية عند أى نقطة على سطح الارض و يستدل عليه بخيط الشاغول المعمارى وبطريق غير مباشر بميزان المياه .

السمت والنادر Zenith and Nadir

اذا امتد العمود رأسا أعنى فى اتجاه عمودى فوق الرأس فيقطع الكرة السماوية فى نقطة هى السمت Zenith فهى اذن دليل الراصد على سطح الارض

وامتداد العمود فى اتجاه خيط الشاغول (Plumb Line) تحت الاقدام مخترقا الكرة الارضية قاطعا الكرة السماوية فى نقطة هى النادر Nadir

الأفق Horizon

هو دائرة عظيمة مرسومة على الكرة السماوية ومقطوعة بمستوى مار بمركز الارض بالتعامد على الخط الرأسى وهو فى كل مكان على بعد ٩٠° درجة من السمت والنادر فى كل مكان والارض هنا كنقطة صغيرة فى الفضاء السماوى

وبديهى أن سطحا يمر بالراصد عموديا على الخط العمودى يقطع الكرة فى نفس الدائرة العظيمة .

الأفق المرئى (النظرى) Visible Horizon

هو دائرة تقاطع سطح البحر بالسماء تقاطعاً وهمياً وباسقاطه على الكرة يحدث دائرة صغيرة تحت الأفق الحقيقى وموازية له وبُعده تحت الأفق الحقيقى يتوقف على ارتفاع عين الراصد (الناظر) فوق سطح الماء

والأفق دائرة عظيمة تقسم الكرة الارضية والكرة السماوية الى شطرين أحدهما أعلى والاخر أسفل و يعرف بالافق الحقيقى وسطحه يمر بمركز الارض وقطبه الاعلى يسمى سمت الرأس Zenith وقطبه الاسفل يسمى سمت القدم وهو النادر Nadir ولكل نقطة على سطح الكرة أفق خاص به دون غيره .

الدوائر الرأسية Vertical Circles

هى دوائر عظيمة مارة بسمت الرأس والنادر وعمودية على الأفق وما يمر منها بنقطتى الافق الشرقية والغربية هو « الرأسية الاولى Prime Vertical » وما يمر بنقطتى تقاطع البروج وخط الاستواء يسمى «المتسامته الاعتداليه» وما يمر بالمدارين يسمى « بالمتسامتة المداريه » .

المقنطرات أومتوازيات الارتفاع Almucantars : هى دوائر صغيرة موازية للافق

الدوائر السويعيه Hour Circles

هى دوائر عظيمة تمر بالقطب الشمالى والجنوبى للكرة السماوية ودائرة — الست ساعات هى الدائرة السويعية التى سطحها عمودى على خط الزوال أو خط الطول أو الهاجرة (Meridian)

متوازيات الميل Parallels of Declination

هى الدوائر الصغيرة الموازية لسطح خط الاستواء

خط الزوال أو خط الطول أو الهاجرة (Meridian or longitude)

هو الدائرة العظيمة التى تمر بالسمت والقطبين وهو دائرة سويعيه ودائرة رأسية وتتعدد خطوط الطول بتعدد الراصدين ويقطع خط الطول الافق فى الشمال والجنوب — وتقاطع سطح الطول بالسطح الافقى المار بالراصد هو الخط الذى يقاس منه خط الشمال المستعمل فى المساحة السطحيه .

الرأسية الأولى (Prime Vertical)

هى الدائرة الرأسية التى سطحها عمودى على سطح خط الطول وتقطع الافق فى نقطتى الشرق والغرب .

دائرة البروج (Ecliptic)

هى الدائرة العظيمة على سطح الكرة السماوية التى يرسمها مركز الشمس فى مدة سنة وسطحها هو سطح فلك الارض ويميل على سطح خط الاستواء بزاوية مقدارها ٢٧َ ٢٣° وبميل يسمى «ميل دائرة البروج obliquity of the Ecliptic»

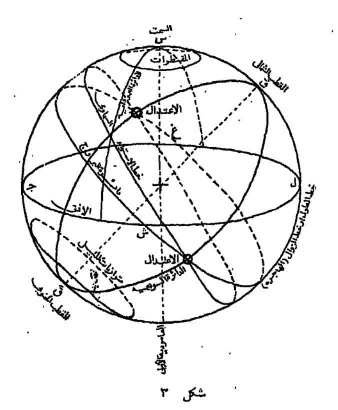
الاعتدالان (Equinoxes)

الاعتدال الربيعى أى مبدأ برج الحمل عند تقاطع البروج وخط الاستواء

وهو موقع الشمس عند استواء الليل بالنهار وعندها ترتفع الشمس من جنوب خط الاستواء السماوى الى شمال خط الاستواء السماوى عند نقطة مبدأ الحمل First Point of Aries . وذلك فى يوم ٢١ مارس

أما الاعتدال الخريفى فهو على بعد ١٨٠° درجة من الاعتدال الربيعى عند تقاطع دائرة البروج مع خط الاستواء فى مبدأ برج الميزان Libra وهذا التقاطع هو موقع استواء الليل بالنهار فى الخريف وعنده تنحدر الشمس الى الجنوب من خط الاستواء بعد أن كانت فى الشمال وذلك يوم ٢٢ سبتمبر .

المداران الشتوى والصيفى



شكل ٣

هما نقطتان على دائرة البروج فى منتصف المسافة بين الاعتدالين

ارتفاع أى نقطة عن موقع الراصد Altitude

هو الزاوية الرأسية المحصورة بين أفق الراصد وهذه النقطة

البعد السمتى Coaltitude or Zenith Distance

هو متمم الارتفاع و يساوى ٩٠° — الارتفاع

سعة الجرم أو الدائرة اليومية Diurnal Circle

هو القوس الذى يرسمه كوكب ما فى مسيره اليومى ابتداء من شروقه الى غروبه

خط عرض المكان

متى وُجد الراصد بين خط الاستواء والقطب فانه يرى الأجرام السماوية ترسم أقواسا فى حركتها اليومية ليست عمودية على الافق ولا موازية له بل مائلة عليه أكثر أو أقل حسب بُعْد الراصد عن خط الاستواء ويحدّد خط عرض المكان ارتفاع القطب عن موقف الراصد

الصعود المستقيم (Right Ascension

هو الزاوية الحادثة عند جرم سماوى بين خطين أحدهما ممتد من الكوكب الى الاعتدال الربيعى والآخر عمودى على خط الاستواء و يقاس الصعود المستقيم على القوس الواقع على خط الاستواء ما بين الاعتدال الربيعى والخط العمودى من الجرم على خط الاستواء و يحسب كساعات ودقائق وثوان و بما أن الأرض تدور حول محورها دورة كاملة (٣٦٠° درجة) كل ٢٤ ساعة فتدور ١٥° درجة فى كل ساعة و ١٥َ فى دقيقة و ١٥ً فى كل ثانيه زمنيه .

الميل الفلكى Declination

هو جزء من خط الطول السماوى و يقاس ابتداء من خط الاستواء السماوى الى موقع الكوكب أو النجم

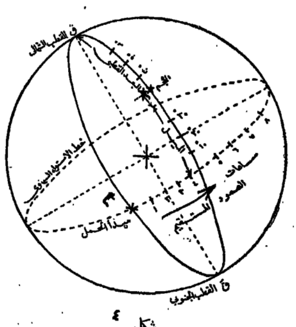
وما كان من الكواكب على خط الاستواء فلا ميل له كالشمس فى برج الجمل

Aries أو برج الميزان Libra أما اذا دخلت برج السرطان Cancer أو برج الجدى (Capricornus) فهى على أعظم ميلها أى ٢٨َ ٢٣° تقريباً .

ومعظم ميل السيارات يتوقف على ميل دوائرها على دائرة البروج ويتغير من صفر° الى ٩٠° درجة أما ميل النجم الثابت فلا يتغير وعليه يمكن تعيين موقع النجم بأحد اثياته (المدونة بالتقويم الفلكى البحرى عن كل يوم من أيام السنة) وهما :

(١) الصعود المستقيم

(٢) الميل



شكل ٤

خطوط العرض السماوية

هى بعد كوكب أو نجم عن دائرة البروج شمالا أو جنوبا مقاساً على دائره فاذا عرف الصعود المستقيم والميل لكوكب أمكن تحويلهما الى خطوط طول وعرض سماويتين وبالعكس فيتعين موقع الكوكب من تعيين طوله وعرضه كما يتعين أيضاً من صعوده المستقيم وميله وسنعود الى ذلك عند الكلام عن الاحداثيات الكروية وعلاقتها ببعضها .

أما خط طول الشمس وخط عرضها فهما الطول والعرض فيما لو نظرت الى مركز فلك الشمس .

والصعود المستقيم عند العرب هو المطلع والميل هو البعد

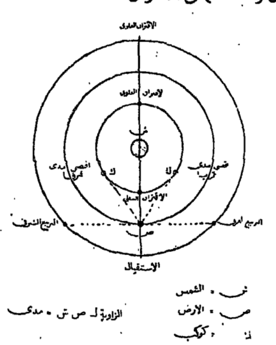
العقده Node : هى نقطة تقاطع كوكب بدائرة البروج فاذا كان الكوكب متقدماً من الجنوب نحو الشمال فنقطة تقاطع فلكه بدائرة البروج هى عقدته الصاعدة Ascending Node

واذا كان متقدما من الشمال نحو الجنوب فنقطة تقاطع فلكه بدائرة البروج هى العقدة النازلة Descending Node والبعد بينهما ١٨٠° درجة

نقطة الرأس (الاوج) Apogee : هى أقرب نقطة من فلك الشمس .

نقطة الذنب (Perigee) : هى أبعد نقطة من فلك الشمس .

الاقتران (Conjunction) : اذا كان كوكبان فى جهة واحدة من السماء أى على خط طول واحد فهما فى الاقتران .



شكل ٥

الاستقبال (Opposition) : اذا كان كوكبان فى جهتين متقابلتين فى السماء أى كان بينهما ١٨٠° درجة من خطوط الطول فهما فى الاستقبال .

التربيع (Quadrature) : واذا كان بينهما ٩٠° درجة من خطوط الطول فهما فى التربيع .

ايجاد خطوط عروض نصف الكرة الشمالى بواسطة النجمة القطبيه

يعرف خط العرض من قياس ارتفاع القطب فلو كان نجم القطب Polaris عند القطب تماماً لاكتفى بقياس ارتفاعه ولكنه ليس كذلك و بعده متغير قليلا فلو علمنا ميله فى يوم وساعة معلومين من جداول التقويم النجمى البحرى السنوى (Nautical Almanac) فيكون متمم الميل هو بعده القطبى

فعند مرور النجم القطبى فوق القطب على خط الزوال يقاس الارتفاع بالتيودوليت و يصحح بمقدار الانكسار الضوئى واختلاف المنظر (par allax) والارتفاع بعد اصلاحه كما ذكر ثم يطرح البعد القطبى فما بقى فهو خط عرض المكان (Latitude) عند المرور العلوى للنجم القطبى

أما فى حالة مروره الاسفل (Lower Transit) فيضاف البعد القطبى للارتفاع الظاهرى بعد تصحيحه وما بقى فهو عرض المكان

ملحوظة .

اذا قيس ارتفاع نجم القطب ١٥ دقيقة زمنية قبل وصوله الهاجرة (Meridian) أو ١٥ دقيقة زمنية بعد وصوله الهاجرة فلا فرق فى خط العرض أكثر من ٥ً ثوان قوسية

و إذا أُخذ ارتفاع النجم القطبى ٥َ قوسيه قبل وصوله الى الهاجرة أو بعد وصوله بهذا المقدار لا ينتج فرق فى خط العرض أكثر من ١ً قوسية

ولمعرفة وقت وصول النجم القطبي أو غيره الى الهاجرة

يطرح صعود الشمس المستقيم لليوم من صعود النجم المستقيم لليوم (وباضافة ٢٤ ساعة ان كان صعوده المستقيم أقل من صعود الشمس المستقيم) وما بقي فهو الوقت بعد الظهر الذى يصل فيه النجم القطبي أو غيره الى خط نصف النهار

$$\underset{\text{of Star}}{\text{Right Ascension}} - \underset{\text{of Sun}}{\text{Right Ascension}} + 24 = \left\{ \begin{array}{l} \text{Time elapsed} \\ \text{from Noon to} \\ \text{reach Meridian} \end{array} \right.$$

خط الطول

خط طول أى مكان على الكرة الارضية هو الزاوية الحادثة عند القطب المحصورة بين خط نصف النهار لهذا المكان وبين خط نصف النهار المعتبر أساساً لخطوط الطول مثل غرينتش بانكلترا

خط الطول = الزمن عند خط نصف النهار المعتبر أساس (غرينتش مثلا) — [الزمن عند خط نصف النهار عند النقطة المطلوبة] .

والازمنة هى الاوقات المحلية سواء كانت (شمسية أو نجمية) منسوبة الى خط نصف النهار المعتبر أساساً وخط الطول مأخوذ اما شرقاً أو غرباً من هذا الاساس الى ١٨٠° درجة أعنى ١٢ ساعة زمنية وعلى ذلك يكون ايجاد خط الطول لأى مكان هو ايجاد فرق الوقت او (الزمن) المرصود عند خط نصف النهار المراد ايجاده والزمن المرصود عند خط نصف النهار المعتبر أساساً عرفيا (غرينتش) .

ايجاد الوقت فلكيا

يمكن إيجاد الوقت المحلى لاى مكان بمعرفة الزاوية السويعية (Hour Angle) لاى نجم سماوى . ويمكن الحصول عليها (أى على الزاوية السويعية) بالرصد والمفروض أن للراصد ساعة وأنها تبين الوقت الوسطى Mean time أو الوقت

النجمى Sidereal time على خط الطول الذى عليه الراصد أو على أى خط طول آخر معلوم كغرينتش مثلا .

تصحيح الساعة (Clock Correction)

هو الـكمية التى تضاف جبرياً للوقت المبين على الساعة للحصول على الوقت الصحيح على خط الطول الذى أوجدنا « معدل rate » تقديم الساعة أوتأخيرها عليه ولنفرض

$ق$ = وقت الساعة

$ق'$ = الوقت الحقيقى

$ق_1$ = مقدار تصحيح الساعة (تقديم أو تأخير)

$$ق' = ق + ق_1$$

$$ق_1 = ق' - ق$$

وتصحيح الساعة يكون بالزائد أو بالناقص حسب ماتدل عليه الساعة من التقديم أو التأخير وفى ساعة الرصد اذا كان الوقت المبين على الساعة (ق) يتفق مع (ق') المحسوب من الرصـد — فالساعة مضبوطة وإلا فيكون بهـا خطأ و يصحح طبق المعادلة

$$ق_1 = ق' - ق$$

معدل تقديم أو تأخير الساعة Rate of clock

هو الزيادة أو النقص فى تصحيح الساعة مدة يوم أو ساعة

$ق'_2$ = تصحيح الساعة فى وقت $ق_2$

$ق_1$ = تصحيح الساعة فى وقت ق

$ق''$ = معدل تقديم أو تأخير الساعة فى وحدة الوقت

$$ق_1 = ق'_2 + ق'' (ق - ق_2) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (١)$$

(ق — ق٢) يجب التعبير عنها بأيام وساعات تبعاً لقيمة (قَ Rate)
معدل التقديم أو التأخير الذى يعبر عن اليوم أو الساعة الخ
وعندما يعرف مقدار تصحيح الساعة ومعدلها فى التقديم أو التأخير فى لحظة معينة (ق١) [أنظر المعادلة (١)] يمكننا أن نستنتج الوقت الحقيقى من قراءة الساعة (ق) بالمعادلة

$$ق َ = ق + ق_٢ + قً (ق - ق_٢) \quad . . . . . (٢)$$

وان وجد ضابط الساعة فى وقتين ق٢، ق فأن معدل التقديم أو التأخير

$$قً = \frac{قَ - قَ_٢}{ق - ق_٢} \quad . . . . (٣)$$

وهذه المعادلات تستعمل ما دام الفرض بأن معدل تقديم أو تأخير الساعة ثابت — و بما أن ثبوت المعدل بالتقديم أو التأخير لزمن طويل غير منظور حتى مع أجود ضابطات الوقت من الساعات فالمعتاد هو حصر المدة بين رصدين مع تحديد الوقت لمدة قصيرة حتى يتسنى الفرض بأن المعدل بالتقديم أو التأخير ثابت فى هذه المدة و يترتب طول المدة على طبيعة الساعة المستعملة وعلى درجة الضبط المطلوبة

ايجاد خطوط الطول

فى الأعمال الدقيقة الجيودتيــة يمكن ايجاد خط طول مكان بالنسبة لمـكان خط طوله معروف اذا ارتبط المحلان بالتلغراف السلـكى أو اللاسلـكى ورصد الوقت المحلى (Local time) فى المـكانين فى لحظة واحدة ففرق الوقتين المحليين بالزمن يمثــل فرق خطى الطول بالزمن (difference of longitude) وهذا يمكن تحويله الى درج ودقائق وثوان قوسية

ايجاد خطوط الطول بنقل ساعة كرونومتر Longitude by chronometer watch transported

تستعمل هـذه الطريقة فى ايجاد خط الطول فى الملاحة البحرية ويستعملها الرحالة أيضاً فى ايجاد خطوط الطول وتنحصر فى ايجاد خطأ الكرونومتر (الساعة) بالنسبة لخط الطول عند المكان الاول وذلك بالرصد لايجاد الوقت المحلى عند نقطة مثل (ا) ثم تنقل الساعة الكرونومتر الى نقطة (ب) مثلا بعد معرفة معدل التقديم أو التأخير عند النقطة الاولى لايجاد خطأ الكرونمتر على خط طول المكان الثانى بالرصد لايجاد وقته المحلى بالضبط فاذا ثبت ضبط الساعة ففرق تصحيحها فى المكانين يعطى فرق خطى طوليهما

ولو فرضنا أن الرصد الاول عند محطة فى الشرق والثانى عند محطة فى الغرب فتصحيح المعدل اليومى عن التقديم أو التأخير (ع = Rate) البالغ عدداً من الثوانى الزمنية يضاف عند ما تؤخر الساعه ويطرح عند ما تقدم

فلو رمزنا بالآتى

ث = تصحيح الساعة فى المحطة الشرقية

ثَ = تصحيح الساعة فى المحطة الغربية

ى = عدد الايام بين الرصدين

ق = قراءة الساعة فى الرصد الثانى

ففرق خطى الطول هو كما يأتى : —

(١) الوقت المحلى عند النقطة الغربية

= ق + ثَ

(٢) الوقت المحلى عند النقطة الشرقية

= ق + ث + ى ع

(٣) الفرق بين الوقتين (١) ، (٢) = الفرق بين خطى الطول

= ث + ى × ع — ثَ

والعكس بالعكس .

واذا رُصِدَتْ نجوم وعُيِّنَ خطأ الكرونومتر (الساعة) المضبوط على الوقت الوسطى فمن الضرورى معرفة خطوط الطول بالضبط لتصحيح الصعود المستقيم (R.A) للشمس أما اذا كان الكرونمتر دالا على «الوقت النجمى Sidereal time» وعلم خطأه بالنسبة للوقت النجمى المحلى فلا حاجة لهذا التصحيح .

ضبط معدل تقديم أو تأخير الكرونمتر

يجب على الراصد ان أمكن أن يعود الى النقطة الاولى و يعيد تعيين الوقت المحلى فأذا ظل معدل التقديم أو التأخير ثابتاً فالخطأ فى تعيينه يمكن تلافيه بأخذ المتوسط للنتيجتين .

وطريقة استعمال الكرونمتر الواحد ليست دقيقة فى إيجاد خط الطول كطريقة اللاسلكى أو التلغراف لكن اذا تعددت الكرونمترات وتعددت الارصاد فى المكانين فأنه يمكن الحصول على نتائج حسنة لخط الطول . وتفيد طريقة الكرونمتر الواحد فى تعيين خط الطول فى الملاحة البحرية وفى الاستكشاف

مثال ذلك .

يوجد الوقت الوسطى المحلى (LocalMean time) بالرصد على خط زوال نقطة مثل (ا) ويوجد مقدار تأخير الساعة وليكن ٤٠ ثانية ١٥ دقيقة وفى نقطة (ب) غربى (ا) يوجد مقدار تأخير الساعة ويفرض أنه ١٠ ثوانى ١٤ دقيقة على الوقت الوسطى المحلى ومعلوم بأن الساعة تقدم يوميا (٨) دقائق فلو كان الرصد الثانى

٤٨ ساعة بعد الرصد الاول فالفرق فى خطى الطول هو

دقيقة	ثانية		دقيقة	ثوانى		ثوانى		دقيقة	ثانية
١	١٤	=	١٤	١٠	— ٨ × ٢ —			١٥	٤٠

فيكون خط الطول المار بنقطة (ب) هو ١٤ ثانية ١ دقيقة أو ٣٠ً ١٨َ قوسيه غرب خط الزوال المار بالنقطة (ا)

الوقت

حركة النجوم أدق ساعة فلو وجهت محور (منظار تيودوليت) نحو خط الزوال ورصدت نجما فهذا النجم يمر بعد اتمام دورته اليومية بمحور هذا المنظار فى نهاية اليوم النجمى و يسمى هذا الوقت « بوقت مرور النجم transit » وطول اليوم النجمى ٤٩ ثانية ٥٦ دقيقة ٢٣ ساعة فان زاد أو قل الوقت بين المرورين عن هذا القدر فيجب ضبط الساعة اذا كانت مسيرة على الوقت النجمى .

الوقت الشمسى

أما الوقت الشمسى فيختلف عن الوقت النجمى بمقدار (٤) دقائق تقريباً يومياً بسبب انتقال الأرض فى مدارها حول الشمس

اليـوم الشمسى

وأما اليوم الشمسى فهو الوقت المحصور بين مرورين متواليين للشمس على خط زوال الراصد .

وقت المرور العلوى والسفلى lower and upper transit

عنـد ما يمر نجم بخط زوال الراصد فالمرور يكون مرة فوق القطب و يسمى « بالمرور العلوى » وأخرى تحت القطب و يسمى « بالمرور السفلى » و يلاحظ هذا جلياً فى النجوم التى تحوم حول القطب فقط و يبلغ أقصى ارتفـاع نجم عند

مروره العلوى ويسمى «بتكبده العلوى» كما يبلغ أدنى ارتفاع عند مروره السفلى وقد يصل الى أقصى بُعد تحت الافق عند مروره السفلى اذا كان من النجوم التى لاتحوم حول القطب .

أقصى مدى شرقاً أو غرباً Elongation

يبلغ النجم أقصى مدى عند ما يصل الى أقصى بُعـد عن خط الزوال شرقاً أو غرباً .

الوقت النجمى Sidereal time

فى أى لحظة هو الزاوية السويعيه لمبدأ نقطة برج الحمل .

والزاوية السويعية لنجم هى الوقت النجمى الذى مضى من « وقت مروره — Transit » .

$$\left(\begin{array}{c}\text{الزاوية}\\\text{السويعية}\\\text{لنجم}\end{array}\right) + \left(\begin{array}{c}\text{الصعود}\\\text{المستقيم}\\\text{لنجم}\end{array}\right) = \text{الوقت النجمى}$$

ويطرح منه ٢٤ ساعة عند مايزيد المجموع عن ٢٤

الصعود المستقيم لنجم = الوقت النجمى لوقت مروره

وعلى ذلك فالساعة النجمية تدون الصعود المستقيم للنجوم عندما تمر مرورها العلوى .

الزاوية السويعية (القوسية)

عند رصد القمر أو الكواكب أو النجوم فالتقويم النجمى يبين الصعود المستقيم وعليه يكون الوقت النجمى = الصعود المستقيم $\pm$ $\frac{\text{الزاوية السويعية}}{١٥}$

وعلامة (+) تستعمل عند ما يكون الجرم غربا وعلامة (−)عندما يكون شرقا .

واذا كانت الشمس هى المرصودة

فالوقت الظاهرى هو $\frac{\text{الزاوية السويعية}}{١٥}$ عند ماتكون غربا و٢٤ − $\frac{\text{الزاوية السويعية}}{١٥}$

عند ما تكون شرقى خط الزوال

الزاوية السويعية والصعود المستقيم للشمس

العلاقة السابق تدوينها بين الوقت النجمى والصعود المستقيم والزاوية السويعية مشابهة للوقت الشمسى فالصعود المستقيم والزاوية السويعية للشمس الحقيقية (أو الظاهرية) تقاس بالساعه الشمسية وهى $\frac{1}{٢٤}$ من اليوم الشمسى الظاهرى وفى حالة الشمس المتوسطة تساوى الساعة الشمسية $\frac{1}{٢٤}$ من اليوم الشمسى المتوسط

والوقت الشمسى الظاهرى هو الزاوية السويعية للشمس وهو الوقت الذى تبينه المزولة الشمسية والزاوية السويعية للشمس المتوسطة تعطى الوقت الوسطى من تلك اللحظة

$$\left\{\text{الزاوية السويعية للشمس}\right\} + \left\{\text{الصعود المستقيم للشمس}\right\} = \text{الوقت النجمى}$$

تطرح ٢٤ ساعة عند ما يزيد المجموع عن ٢٤ وبالمثل نجد .

$$\left\{\text{الزاوية السويعية للشمس المتوسطة}\right\} + \left\{\text{الصعود المستقيم للشمس المتوسطة}\right\} = \text{الوقت النجمى}$$

تطرح ٢٤ ساعة عند ما يزيد المجموع عن ٢٤ و بما أن الزاوية السويعية هى صفر عند المرور العلوى فان .

{ الصعود المستقيم للشمس } = { الوقت النجمى عند الظهر الوسطى }

{ الصعود المستقيم للشمس المتوسطة } = { الوقت النجمى للظهر الوسطى }

معادلة الوقت Equation of time

الفرق بين الوقت الوسطى والوقت الظاهرى هو معادلة الوقت وهو بالزائد (+) عند ما يكون الوقت الوسطى متقدماً على الوقت الظاهرى و بالناقص (—) عند ما يكون الوقت الظاهرى متقدماً على الوقت الوسطى وعليه يكون :

الوقت الوسطى = { الوقت الظاهرى } + { معادلة الوقت }

وقت الساعة = وقت المزولة + معادلة الوقت

وعند ما تكون الشمس على خط الزوال فالمزولة تبين الساعة صفر أو الظهر وعليه تكون

{ معادلة الوقت } = { الوقت الوسطى للظهر الظاهرى }

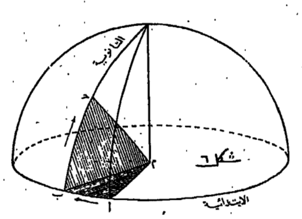
وتكون معادلة الوقت بالزائد (+) عند ما تحل الشمس الحقيقية بعد الشمس الوسطية .

الفصل الثانى

نظام الاحداثيات الـكروية

نظام الاحداثيات الـكروية :

لتعيين اتجاه نقطة فى الفراغ يلزم احداثيان كرويان يعينان بقياس مسافتين زاويتين — angular distances مقاستين على جزءين من دائرتين عظيمتين على الـكرة تقطع احداهما الأخرى بزاوية قائمة



الاحداثيات الكروية

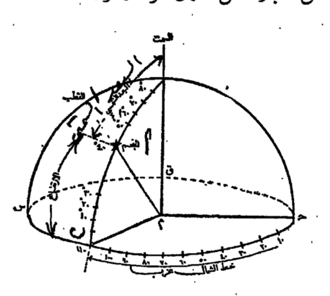
لتعيين النقطة (ج) بالنسبة للسطح (م ا ب) الذى مركزه (م) يرسم المستوى (م ب ج) رأسياً على المستوى (م ا ب) ومارا بالنقطة (ج) وهذان المستويان يتقاطعان فى الخط (م ب) والاحداثيان الـكرويان اللذان يعينان النقطة (ج) هما الزاوية (ب م ج) والزاوية (ا م ب) ويمكن اعتبارهما كالزاوية المـكونة عند مركز الـكرة أو كالمقاسات القوسية (ب ج) ، (ا ب) .

ويقاس احد الاحداثيان على دائرة عظمى وتسمى الدائرة الابتدائية والآخر على دائرة من مجموعة من الدوائر العظمى عمودية على الدائرة الابتدائية يقال لها الدائرة الثانوية والدوائر الثانوية لاحصر لعددها وتمر كل منها بقطبى الدائرة الابتدائية

والاحداثى المقاس ابتداء من الدائرة الابتدائيـة هو قوس من الدائرة الثانوية والاحداثى المقاس بين الدوائر الثانوية هو قوس من الدائرة الابتدائية .

نظام الافق Horizon System

يشمل هذا النظام الدائرة الابتدائية وهى الأفق والثانويات التىهى الدوائر الرأسية أو الدوائر التى تمر بالسمت والنادر والاحداثى الاول لنقطة ماهو بعدها على زاوية فوق الافق مقاسا على دائرة رأسية يقال لها « الارتفاع altitude » ومتمم الارتفاع هو البعد السمتى (Zenith-distauce =°90 — altitude) والاحداثى الآخر هو الزاوية الواقعـة على الافق بين خط الطول و بين « الدائرة الرأسـية vertical circle » المارة بالنقطة ويقال له « الأنحراف عن خط شمال النقطة Azimuth of the Point » والانحراف عن خط الشمال هذا يمكن مقاسه من الشمال أو الجنوب بالنسبة للنقطة وفى أى الاتجاهين مثل « المقاسات الانحرافية المساحية — bearings in surveying » والمعتاد أن يعتبر أساس المقاس من اتجاه الجنوب ويدور يمينا من صفر° الى ٣٦٠° الا فى حالة مقاس النجوم القريبة من القطب فأنه يحسن اعتبارها من الشمال شرقا أو غربا .



شكل ٧
نظام الأفق

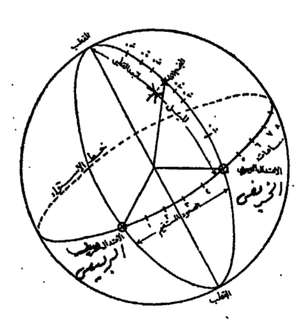
وفى الشكل (٧) تجد النجم (ا) ارتفاعه (ب ا) مقاسا على القوس الرأسى بقدر ٤٠° درجة وانحرافه عن خط الشمال (جـ ب) مقاسا على الافق بقدر ١١٠° درجة غربا .

نظام احداثيات خط الاستواء

الدوائر الاساسية فى هذا النظام هى خط الاستواء والدوائر العظيمة المارة بالقطبين أو الدوائر السويعية

والاحداثى الأول لنقطة ما هو الزاوية شمالى أو جنوبى خط الاستواء مقاسة على « دائرة سويعية Hour circle » يقال لها « الميل declination » ويعتبر الميل بالزائد (+) عند ما يكون الجرم شمال خط الاستواء و بالناقص (—) عند ما يكون جنوب خط الاستواء « ومتمم الميل هو البعد القطبى Polar distance » والاحداثى الثانى للنقطة هو القوس المقاس على دائرة خط الاستواء بين «نقطة الاعتدال الربيعى Vernal Equinox» ونهاية الدائرة السويعية المارة بهذه النقطة ويقال له الصعود المستقيم (Right Ascension) ويقاس الصعود المستقيم من نقطة الاعتدال شرقاً الى الدائرة السويعية المارة بالنقطة المذكورة ويمكن مقاسها بالدرج والدقائق والثوانى القوسية وبالساعات والدقائق والثوانى الزمنية

نظام خط الاستواء



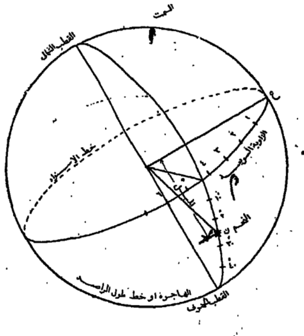
شكل ٨

فى الشكل (٨) الميل = (ان)

وحساب الصعود المستقيم هو من الاعتدال الربيعى الى (ا)

« نظام الميل والزاوية السويعية Declination and Hourangle »

ويتعين أحياناً مكان النقطة فى الكرة السماوية (بدلا من استعمال نظام احداثى الميل والصعود المستقيم) باستعمال نظام احداثى الميل والزاوية السويعية وهى القوس المقاسة على دائرة خط الاستواء بين خط طول الراصد (observer's meridian or Longitude) والدائرة السويعية للنقطة هى قوس من خط الاستواء بين خط طول الراصد والزاوية السويعية المارة بالنقطة ويقاس من خط الزوال غربا فى اتجاه عقرب الساعة من الساعة (صفر) الى الساعة (٢٤) أو من الدرجة (صفر°) الى الدرجة (٣٦٠°)



شكل ٩

فى الشكل (٩) ميل النجم (ن) هو بالناقص (—) و يساوى (ان) والزاوية السويعيه هى (ع ا)

ولمقاس الوقت يمكن أخذ الزاوية السويعية باعتبارها من الجزء الأعلى أو من الجزء الأسفل من خط الطول أو خط الزوال

وتتلخص الأنظمة الثلاثة فى الجدول الآتى : —

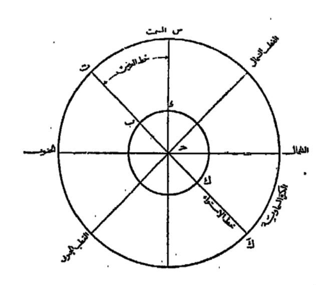
الاســـم	الدائرة الابتدائية	الدائرة الثانوية	مركز الاحداثيات	الاحداثى الأول	الاحداثى الثانى
نظام الافق	الأفق	الدوائر الرأسية	النقطة الجنوبية	الارتفاع	الانحراف عن خط الشمال
نظام خط الاستواء	خط الاستواء	الدائرة السويعية	الاعتدال الربيعى	الميل	الصعود المستقيم
	»	»	تقاطع خط الطول وخط الاستواء	الميل	الزاوية السويعية

وهناك نظام آخر يستعمل فى فروع أخرى فلكية لـكنه لايستعمل فى اعمال الفلك من الوجهة العملية المحض والنظام المشـار اليه هو نظام «الطول والعرض السماوى Celestial latitude & longitude » وفى هذا النظام « دائرة البروج الشمسية Ecliptic » هى الدائرة الابتدائية وخط العرض السماوى يقاس من دائرة البروج كما يقاس الميل من خط الاستواء وخطوط الطول السماويه تقاس شرقا على دائرة البروج من الاعتدال كمايقاس الصعود المستقيم شرقاً على خط الاستواء

أما خطوط الطول والعرض الأرضية فهى ماسيستعمل فى أعمالنا الفلـكية العملية

احداثيات الراصد (الناظر)

يتعين موقع الراصد بواسطة خطى العرض والطول



شكل ١٠

خط العرض على سطح الارض (الـكرة)

هو الزاوية بين الراصد وخط الاستواء شمالا أو جنوباً منه وتعريفه فلـكياً هو « ميل سمت الراصد declination of the zenith »

فى الشكل ١٠ خط العرض على الكرة الأرضية هو القوس (ب د)

بَ كَ = خط الاستواء السماوى

ب ك = خط الاستواء الارضى

ذ = نقطة الراصد على الارض

س = سمت الراصد

وعليه خط عرض الراصد على الكرة السماوية هى القوس السماوى (بَ سَ) يقابله القوس الارضى و يساوى من الدرج (ب د)

ومتمم العرض = (٩٠° — العرض)

وخط طول الراصد على الارض هى القوس المقـاس على خط الاستواء بين خط الطول الاساسى (عادة غرينتش) وخط الطول المار بالراصد

وخط الطول السماوى للراصد هى القوس المقاسة على خط الاستواء السماوى بين دائرتين سويعيتين سطحيهما هما خطى الطول على الارض

علاقة نظامين من الاحداثيات

لايجاد العلاقة بين النقط المختلفة والدوائر على الـكرة يفرض بأن الـكرة السماوية تحتوى على كرة داخل أخرى وتحمل الـكرة الخارجيـة حول سطحها دائرة البروج والاعتدالان والقطبان وخط الاسـتواء والدوائر السويعية وجميع النجوم والشمس والقمر والـكواكب

وتحمل الـكرة الداخلية السمت والأفق والدوائر الرأسية والقطبية وخط الاستواء والزاوية السويعية وخط نصف النهار (الهاجرة)

والحركة اليوميـة الارضية تحدث دوران الـكرة الداخلية بينما تبقى الـكرة الخارجية بلا حركة او باعتبار الحركة الظاهرية تدور الـكرة الخارجية مرة فى اليوم على محورها بينما تبقى الـكرة الداخلية بلا حركة ومن ذا يتبين جليـاً أن أحداثيات نجم ثابت فى النظـام الاول (نظام خط الاستواء) بها احداثى الميل والصعود المستقيم ثابتان تقريباً بينماتستمر احداثيات نظام الافق فى التغير باستمرار

(ملحوظة) نظام احداثيات خط الاستواء الاولى مستقلة عن موقع الراصد أما في نظام الافق فالاحداثيات تتوقف على موقع الراصد

في نظام خط الاستواء الثانى به أحد الاحداثيان مستقل عن الراصد بينما تجد الاحداثى الآخر وهو (الزاوية السويعية) يعوّل عليه

وتدون مواقع النجوم فى التقاويم الفلكية البحرية (النجميـة) بالصعود المستقيم والميل وتنشر سنوياً وهى مرجع المشتغلين بالملاحة والمساحة

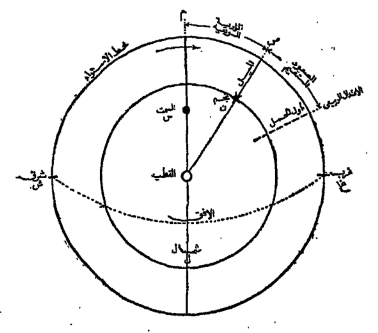
وتستعمل احداثيات نظام الأفق فى المقاس رصداً بالآلات لسهولتها ولذا يجب تسهيل امكان التحويل من نظام الى آخر أما العلاقات الرياضية بين النظم وبعضها فسيأتى الـكلام عليها

الاشكال (١١ ا) و(١١ب) و(١٣) تبين ثلاثة أوضاع مختلفة من الكرة السماوية

(١١ ا) يبين الـكرة مسقوطه على مستوى خط الاستواء

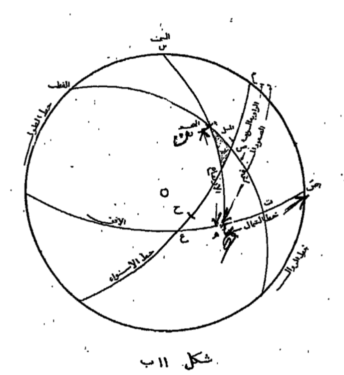
(١١ب) يبين الـكرة كما تظهر من الخارج وتصلح لحل المثلثات الـكروية

(١٣) يمثـل جزء من الـكرة منظوراً من الارض فى اتجاه الجنوب



شكل ١١ ا

شكل نمرة (١١ ا) يبين شكل الكرة السماوية مسقوطة على مستوى خط الاستواء



شكل ١١ ب

شكل (١١ب) يبين الكرة كما تظهر من الخارج وتصلح لبيان مسائل المثلثات الكروية

فى الشكل (١١ب)

هـ ن = الارتفاع

صَ هـ = الانحراف عن خط الشمال

ص م = الزاوية السويعية

ح م = الصعود المستقيم

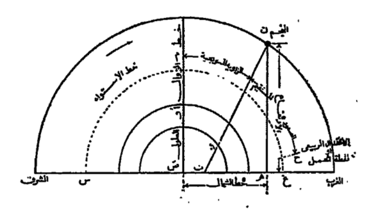
(ملحوظة) (ح) أول نقطة الحمل

ص ن = الميل

س م صَ = خط نصف النهار أو خط الطول

والشكل (١١ ا) يبين نفس النقط التى بالشكل (١١ب) و (١٣) وهى مسقوطة على مستوى خط الاستواء وفيه زوايا القطب السماوى (أعنى الزوايا بين

الدوائر السويعية) مبينة بحجمها الطبيعى وعلى ذلك فهو الشكل المناسب لبيان الصعود المستقيم والزاوية السويعية



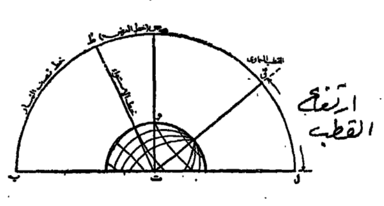
شكل ١٣

الشكل ١٣ يبين جزءاً من الكرة كما يراها الراصد عند اتجاهه نحو الجنوب وللحروف نفس المعنى الوارد بالشكل (١١ ب)

الفصل الثالث

العلاقة بين الاحداثيات الفلـكية

العلاقة بين ارتفاع القطب وخط العرض



شكل ١٤

فى الشكل أعلاه

ب س ل = خط طول الراصد

ق = القطب السماوى

س = سمت الرأس

ط = تقاطع خط الطول مع خط الاستواء

ل = شمال الافق

ب = جنوب الافق

ث س = الرأسى وهو عمودى على الافق (ل ب)

ث ق = المحور عمودى على خط الاستواء

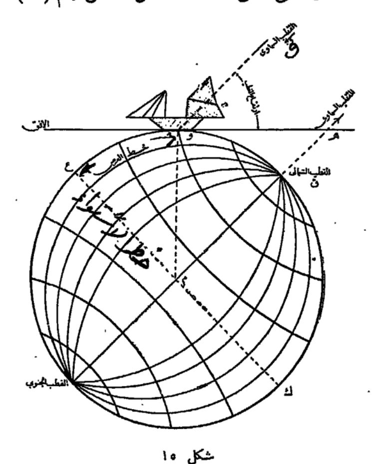
القوس (ق ل) = القوس (ط س)

(ط س) = ميل السمت أو خط العرض

(ق ل) = ارتفاع القطب السماوى

فينتج أن : — ارتفاع القطب = خط عرض المكان

ويمكن الحصول على نفس هذه العلاقة من الشكل رقم (١٥)



شكل ١٥

ق = القطب الشمالى الارضى

و هـ = سطح الافق للراصد عند نقطه (و)

ع ك = خط الاستواء الارضى

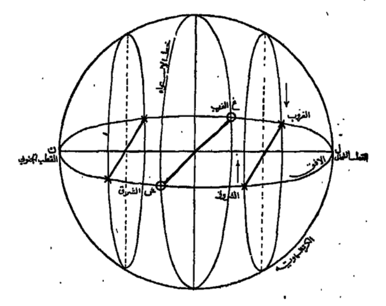
و قَ = خط موازى للخط (م ق) ومتجه نحو القطب الشمالى السماوى

ويمكن أن نبرهن أن

زاوية (ع م و) وهى خط العرض = زاوية (هـ و ق) وهى ارتفاع القطب

يرى الواقف على خط الاستواء الارضى القطب الشمالى السماوى فى الشمال بالنسبة لافقه والجنوب السماوى فى الجنوب بالنسبة لافقه وفى انتقاله شمالا يرتفع قطبه الشمالى ظاهرا وارتفاعه يبقى مساويا أبدا لخط العرض بينما يختفى قطبه الجنوبى تحت خط الاستواء وعند ما يصل المسافر الى القطب الشمالى من الارض يقع القطب الشمالى السماوى فوق رأسه

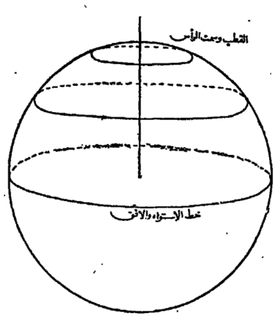
ويظهر للواقف على خط الاستواء الأرضى كأن جميع النجوم تتحرك رأسياً فى مواعيد شروقها وغروبها فهى تبقى ١٢ ساعة فوق الافق و١٢ ساعة تحته وذلك أثناء الدورة الكاملة للكرة الارضية حول محورها وتظهر جميع النجوم فى كل من النصف الشمالى والجنوبى من الكرة السماوية فوق خط الاستواء فى وقت معين من كل يوم



الشكل (١٦) يبين الكرة الصحيحة أو شكل الكرة لراصد على خط الاستواء الأرضى

يظهر للواقف على القطب الارضى أن خط الاستواء السماوى والأفق ينطبقان على بعضهما وأن جميع النجوم فى النصف الشمالى من الكرة السماوية تظهر كأنها تنتقل فى دوائر موازية للافق وترى لمدة ٢٤ ساعة فى اليوم وارتفاعاتها باقية بدون

تغيير أما النجوم فى النصف الجنوبى من الكرة السماوية فلا ترى قط وفى هذه الحالة كلمة الشمال تفقد معناها العرفى . وكذا كلمة الجنوب اذ تعنى حينئذ أى اتجاه أفقى . وعند القطب ينطبق خط طول النقطة وانحرافها عن خط زوال غرينتش على الارض انظر شكل (١٧)



شكل ١٧

الكرة الموازية او الكرة السماوية لراصد عند القطب

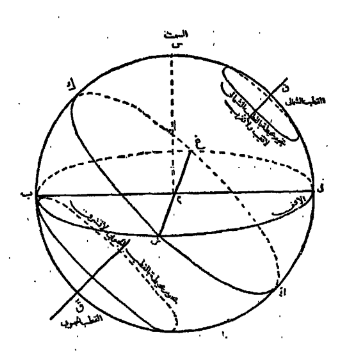
وفى جميع النقط الواقعة بين القطب وخط الاستواء من خطوط العرض يقطع خط الاستواء الافق بميل ويظهر أى نجم على خط الاستواء نصف الوقت فوق الأفق والنصف الآخر تحت الأفق كما يظهر للواقف فى النصف الشمالى من الكرة الارضية بان نجما فوق خط الاستواء يبقى ظاهرا فوق الافق أكثر من نصف اليوم بينما يرى هذا الواقف نجما جنوب خط الاستواء ظاهراً فوق الافق أقل من نصف اليوم .

(ملحوظة)

اذا كان البعد القطبى الشمالى لنجم أقل من خط العرض الشمالى للراصد

فتظهر دائرة النجم اليومية بأ كملها فوق الافق وعليه يبقى النجم فوق الافق طول الوقت و يسمى « بالنجم المحيط بالقطب Circum polar star » أنظر شكل (١٨) والنجوم المحيطة بالقطب الجنوبى هى النجوم التى بعدها القطبى أقل من خط العرض الجنوبى ولا ترى قط من راصد فى النصف الشمالى من الكرة الأرضية

اذا انتقل الراصد شمالا حتى تجاوز دائرة المحيط المنجمد الشمالى — عند خط العرض ٣٣َ ٦٦° شمالا فالشمس تصبح نجما محيطاً بالقطب عند المدار الصيفى



شكل ١٨

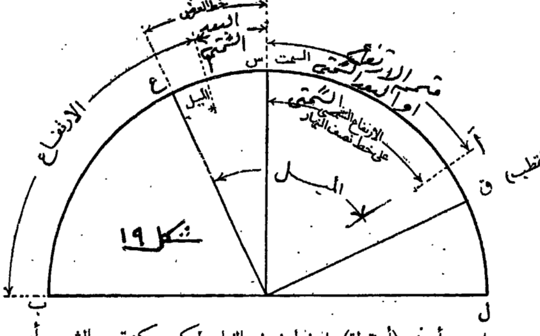
شكل النجوم المحيطة بالقطب

وتصل عند الظهر تماماً الى أقصى أرتفاعها وفى منتصف الليل تنحط الى أدنى أرتفاع — لكنها تستمر فوق افق الناظر أو الراصد وتسمى بشمس نصف الليل (Midnight Sun)

العلاقة بين خط عرض الراصد والميل الجرمى وارتفاع نقطة على خط نصف النهار (خط طول الراصد)

شكل ١٩ — هو عن نجم على خط نصف النهار

لايجاد العلاقة بين خط عرض الراصد وميل الجرم أو النجم وارتفاعه على خط نصف النهار (راجع الشكل ١٩) نفرض أن



« ا » هو أى نجم (أو نقطة) على خط نصف النهار وليكن مركز قرص الشمس أو مركز قرص القمر أو أى كوكب معروف واقع جنوب نقطة السمت وشمال خط الاستواء

ع س = خط العرض = Latitude

ب ا = ارتفاع النجم على خط نصف النهار = meridian altitude

س ا = البعد السمتى للنجم مقاساً على خط نصف النهار =
meridian (zenithdistance)

ع ا = ميل النجم = declination

ومن الشكل يرى أن

خط العرض = البعد السمتى للنجم على خط نصف النهار + ميل النجم (١)

واذا كان (ا) جنوب خط الاستواء فميل النجم بالناقص وتبقى المعادلة على حالتها بعد تغيير العلامات الجبرية

واذا كان (ا) شمال السمت وليكن (اَ) فتصير المعادلة

(خط العرض) = (ميل النجم) – (البعد السمتى مقاساً على خط نصف النهار) . . . . . (٢)

واذا كان البعد السمتى للنجم على خط نصف النهار (بالناقص) عند ما يكون النجم شمال السمت فهو (بالزائد) عند ما يكون ، جنوب السمت، وبهذه الكيفية تمثل المعادلة رقم (١) جميع الاحوال

ويمكن استعمال نفس المعادلة رقم (١) عند ما يكون النجم تحت القطب باعتبار أن ميل النجم أكثر من ٩٠° درجة والأبسط فى هذه الحالة استعمال البعد القطبي polardistance بدلا من الميل النجمى declination

اذا كان النجم شمال السمت وفوق القطب كما فى (اَ)

فالبعد القطبي = (٩٠° – ميل النجم) . . . . . (٣)

خط العرض = (ارتفاع النجم على خط نصف النهار) – (البعد القطبى)

واذا كان النجم (اَ) تحت القطب

فأن خط العرض = (ارتفاع النجم على خط نصف النهار) + (البعد القطبي) . . . . . (٤)

المثلث الفلكى الكرى

اذا وصلنا بين القطب والسمت وأى نجم (ن) على الكرة السماوية بأقواس من دوائر عظيمة فانا نحصل على مثلث كرى يمكن بواسطته ايجاد علاقة

الاحداثيات الكرية ويستعمل هذا المثلث فى الفلك والملاحة ويسمى المثلث الفلكى (ق س ن) انظر شكل رقم ٢٠ الذى فيه كلمة متمم تعنى [٩٠° درجة — (خط العرض) أو (الارتفاع النجمى) أو ، الميل النجمى]

(1) = متمم خط العرض = colatitude

= ق س = ٩٠° — خط العرض

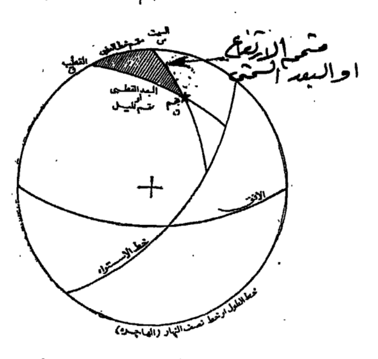
(2) = متمم الارتفاع أو البعد السمتى = coaltitude

= ن س = ٩٠° — ارتفاع النجم

(3) = متمم الميل أو البعد القطبى = codeclination

= ن ق = ٩٠° — ميل النجم

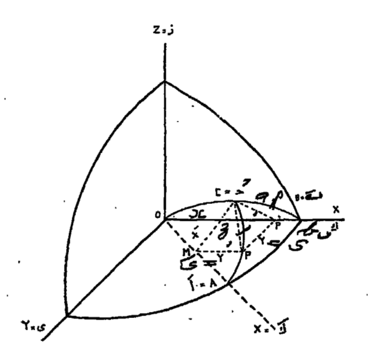
الزاوية (ن ق س) = الزاوية السويعية اذا كان النجم غربى الهاجرة وتساوى (٣٦٠° درجة — الزاوية السويعية اذا كان النجم شرقى الهاجرة)



شكل ٢٠

الزاوية ق س ن = انحراف النجم عن خط طول الراصد أو عن خط الشمال من الشمال اذا كان النجم غربى الهاجرة = ٣٦٠° — الانحراف عن خط شمال النجم اذا كان النجم شرقى الهاجرة

الزاوية س ن ق = زاوية النجم = Parallactic Angle



شكل ٢١

تطبيق المثلث الكرى فى اثبات العلاقات الفلكية

اذا عُرف ثلاثة من معاليم المثلث الكرى أمكن حساب الثلاث مجاهيل والمعادلة الاساسية فى حساب المثلثات هى

الاحداثى كـ = جتا (ا)

» ى = جا (ا) جتا (بَ)

» ز = جا (ا) جا (بَ)

» كَ = جتا (ب)

» ىَ = – [جا (ب) جتا (آ)]

» زَ = جا (ب) جا (آ)

كَ = كَ جتا (جـ) — ىَ جا (جـ)

ى = كَ جا (جـ) — ىَ جتا (حـ)

ز = زَ

وبالتعويض نحصل على الثلاث معادلات الاساسية .

جتا (ا) = جتا (ب) جتا (جـ) + جا (ب) جا (جـ) جتا (اَ) .... (١)

جا (ا) جتا (بَ) = جتا (ب) جا (جـ) - جا (ب) جتا (ج) جتا (اَ) .... (٢)

جا (ا) جا (بَ) = جا (ب) جا (اَ) .... (٣)

فاذا وضعنا

اَ = الزاوية السويعية Hour angle

بَ = زواية النجم Parallactic angle

جَ = انحراف النجم عن خط الشمال Azimuth of star

متمم الارتفاع = ا = ٩٠° — ارتفاع النجم = co altitude

متمم خط العرض = ب = ٩٠° — خط العرض = co latitude

متمم الميل = جـ = ٩٠° — الميل = co declination

جا (ارتفاع النجم) = [جا (خط عرض المكان) × جا (ميل النجم)] + [جتا (خط عرض المكان) × جتا (ميل النجم) جتا (الزاوية السويعية)] . . (٤)

[جتا (ارتفاع النجم) جتا (زاوية النجم)] = [جا (خط عرض المكان) جتا (ميل النجم)] — جتا (خط عرض المكان) جا (ميل النجم) جتا (الزاوية السويعية)] .... (٥)

جتا (ارتفاع النجم) جا (زاوية النجم) = جتا (خط عرض المكان)
جا (الزا وية السويعية)
. . . . (٦)

واذا وضعنا

اَ = الزاوية السويعية = Hour Angle

بَ = انحراف النجم عن خط الشمال = Azimuth of star

جَ = زاوية النجم = (Parallactic Angle)

ﺟ = متمم ارتفاع النجم = co altitude

ب = متمم خط العرض للمكان = co latitude

ا = متمم ميل النجم = co declination .

والمعادلة (٢) ، (٣) تصير

[جتا (ارتفاع النجم) جتا (انحراف النجم عن خط الشمال)]
= [جتا (خط عرض المكان) جا (ميل النجم)]
— [جتا (الميل للنجم) جا (خط العرض للمكان) جتا (الزاوية السويعية] . . . . (٧)

جتا (ارتفاع النجم) جا (انحراف النجم عن خط الشمال)
= جتا (ميل النجم) × جا (الزواية السويعية) (٨)

واذا وصعنا

اَ = انحراف النجم عن خط الشمال Azimuth of star

بَ = زاوية النجم Parallactic angle

جَ = الزاوية السويعية Hour angle

ا = ٩٠° درجة — ميل الجرم = co declination

ب = ٩٠° درجة — خط العرض = co-latitude

جـ = ٩٠° — ارتفاع النجم = Co-altitude

جا (ميل النجم) = [جا (خط عرض المكان) جا (ارتفاع النجم)]
+ [جتا (خط عرض المكان) جتا (ارتفاع النجم) جتا (انحراف النجم عن خط الشمال)] . . . . . . « ٩ »

[جتا (الميل للنجم) جتا (زاوية النجم)] = [جا (خط العرض للمكان) جتا (ارتفاع النجم)] — [جتا (خط عرض المكان) جا (ارتفاع النجم) جتا (انحراف النجم عن خط الشمال)] . . . . . «١٠»

[جتا (ميل النجم) جا (زاوية النجم)] = [جتا (خط عرض المكان) جا (انحراف النجم عن خط الشمال)] . . . . . . «١١»

واذا وضعنا

أَ = خط شمال النجم = Azimuth of star

بَ = الزاوية السويعية = Hour angle

جَ = زاوية النجم = Parallactic angle

ا = ٩٠° درجة — ميل النجم = co-declination

ب = ٩٠° درجة — ارتفاع النجم = co-altitude

جـ = ٩٠° درجة — خط العرض = co-latitude

[جتا (ميل النجم) جتا (الزاوية السويعية)] = [جا (ارتفاع النجم) جتا (خط عرض المكان)] — [جتا (ارتفاع النجم) جا (خط عرض المكان) جتا (انحراف النجم عن خط الشمال النجم)] . . . . (١٢)

ويمكن الحصول على أشكال أخرى للمعادلات السابقة الا أن هذه المعادلات تكفى لسد حاجة الحالات الفلكية العملية التى سيأتى الكلام عليها لتعيين

الاماكن على الكرة الارضية ومعرفة الوقت فى اعمال المساحة والملاحة

والمسائل التى تنشأ عادة فى أعمال المساحة والملاحة هى : —

المسألة الأولى —

معلوم (١) ميل النجم (٢) خط عرض المكان (٣) وارتفاع النجم

والمطلوب ايجاده هو

(٤) الانحراف عن خط الشمال (٥) والزاوية السويعية

المسألة الثانية — معلوم (١) ميل النجم (٢) خط عرض المكان

(٣) الزاوية السويعية

المطلوب ايجاده هو

(٤) خط الشمال (٥) ارتفاع النجم

وفى المعادلات الآتية استعملت الرموز الآتيه : —

ز = الزاوية السويعيه = Hour angle

ش = الانحراف عن خط الشمال من الشمال = Azimuth from (North)

ع = ارتفاع النجم = Altitude

س = البعد السمتى = Zenith distance

م = ميل النجم = declination

ق = البعد القطبى للنجم = polar distance

ض = خط العرض = Latitude

نصف المجموع « جـ » = $\frac{1}{2}$ (ض + ع + ق)

لعمل حساب الزاوية السويعية (ز) تستعمل أحدى المعادلات الآتية

$$\text{جا}\ \tfrac{1}{2}\ \text{ز} = \sqrt{\frac{\text{جتا (جـ) جا (جـ} - \text{ع)}}{\text{جتا (ض)}\quad \text{جا (ق)}}} \quad \ldots (١٣)$$

$$\text{جتا } \tfrac{1}{2} \text{ ز} = \sqrt{\frac{\text{جتا}(\text{جـ} - \text{ق}) \text{ جا}(\text{جـ} - \text{ض})}{\text{جتا}(\text{ض}) \text{ جا}(\text{ق})}} \qquad (١٤)$$

$$\text{ظل } \tfrac{1}{2} \text{ ز} = \sqrt{\frac{\text{جتا}(\text{جـ}) \text{ جا}(\text{جـ} - \text{ع})}{\text{جتا}(\text{جـ} - \text{ق}) \text{ جا}(\text{جـ} - \text{ض})}} \qquad (١٥)$$

$$\text{جتا ز} = \frac{\text{جا}(\text{ع}) - \text{جا}(\text{ض}) \text{ جا}(\text{م})}{\text{جتا}(\text{ض}) \text{ جتا}(\text{م})} \qquad (١٦)$$

$$\text{جتا ز} = \frac{\text{جا}(\text{ع})}{\text{جتا}(\text{ض}) \text{ جتا}(\text{م})} - \text{ظا}(\text{ض}) \text{ ظا}(\text{م}) \qquad (١٧)$$

$$١ - \text{جتا}(\text{ز}) = \frac{\text{جتا}(\text{ض} - \text{م}) - \text{جا}(\text{ع})}{\text{جتا}(\text{ض}) \text{ جتا}(\text{م})} \quad \text{vers «t»} \qquad (١٨)$$

(ملحوظة) ز = t = Hour Angle

ش = «Z» = Azimuth

<u>لعمل حساب خط الشمال (ش) من الشمال نحو الشرق أو الغرب .</u>

$$\text{جا } \tfrac{1}{2} (\text{ش}) = \sqrt{\frac{\text{جا}(\text{جـ} - \text{ع}) \text{ جا}(\text{جـ} - \text{ض})}{\text{جتا}(\text{ض}) \text{ جتا}(\text{ع})}} \qquad (١٩)$$

$$\text{جتا } \tfrac{1}{2} (\text{ش}) = \sqrt{\frac{\text{جتا}(\text{جـ}) \text{ جتا}(\text{جـ} - \text{ق})}{\text{جتا}(\text{ض}) \text{ جتا}(\text{ع})}} \qquad (٢٠)$$

$$\text{ظا } \tfrac{1}{2} (\text{ش}) = \sqrt{\frac{\text{جا}(\text{جـ} - \text{ض}) \text{ جا}(\text{جـ} - \text{ع})}{\text{جتا}(\text{جـ}) \text{ جتا}(\text{جـ} - \text{ق})}} \qquad (٢١)$$

$$\text{جتا (ش)} = \frac{\text{جا (م)} - \text{جا (ض) جا (ع)}}{\text{جتا (ض) جتا (ع)}} \qquad (٢٢)$$

$$\text{جتا (ش)} = \frac{\text{جا (م)}}{\text{جتا (ض) جتا (ع)}} - \text{ظا (ض) ظا (ع)} \qquad (٢٣)$$

$$١ - \text{جتا (ش)} = \frac{\text{جتا (ض} - \text{ع)} - \text{جا (م)}}{\text{جتا (ض)} \times \text{جتا (ع)}} = \text{vers «z»} \qquad (٢٤)$$

واذا اريد استعمال هذه المعادلات فى حساب الانحراف عن خط الشمال من نقطة الجنوب (ش$_{ج}$) على الافق فلا نحتاج الا الى تعديل طفيف وتتحول المعادلات (٢١) ، (٢٢) ، (٢٤) الى

$$\text{ظتا} \tfrac{1}{2} \text{(ش}_{ج}\text{)} = \sqrt{\frac{\text{جا (ج} - \text{ض) جا (ج} - \text{ع)}}{\text{جتا (ج) جتا (ج} - \text{ق)}}} \qquad (٢٥)$$

$$\text{جتا (ش}_{ج}\text{)} = \frac{\text{جا (ض) جا (ع)} - \text{جا (م)}}{\text{جتا (ض) جتا (ع)}} \qquad (٢٦)$$

$$١ - \text{جتا (ش}_{ج}\text{)} = \frac{\text{جتا(ض+ع)} + \text{جا(م)}}{\text{جتا (ض) جتا (ع)}} \text{vers « Z}_s \text{»} \qquad (٢٧)$$

و بينما يمكن استعمال أى معادلة من هذه المعادلات للحصول على الزاويه المطلوبة الا أن انتخاب المعادلة يتوقف على مقدار الدقة المطلوبة لايجاد الزاوية وعلى علاقتها « بالدوال functions » الاخرى المكونة للمعادلات

فمثلا اذا كانت الزاوية صغيرة جداً فيحسن ايجادها من معادلة الجيب (جا)

لا من معادلة جيب التمام (جتا) وبالعكس عند ما تكون الزاوية قريبة من ٩٠° درجه فلسُرعة تغيير (الظل) فالزاوية الناتجة من حل معادلة الظل (طا) تكون أدق قيمة من الزاوية التى يحصل عليها من معادلة الجيب أو جيب التمام

ويتلاحظ أن بعض المعادلات تحتاج الى دوال لوغاريتمية (وطبيعية) ففى هذه الحالة يسهل استعمال الجداول ذات الخمسة أرقام فى الاعمال الحسابية لان جداول المهندسين الخاصة بأعمال الغيط أو المكتب تحتوى غالبا على كل الدوال الطبيعية واللوغاريتمية للزوايا

أما اذا استعملت جداول لوغاريتميه ذات سبعة (٧) أرقام فالمعادلات ذات الدوال اللوغاريتميه المحض هى الافضل استعمالا

وارتفاع النجم يمكن ايجاده من المعادلتين الآتيتين

$$\text{حا} (\text{ع}) = \text{جتا} (\text{ض} - \text{م}) - ٢ \; \text{جتا} (\text{ض}) \; \text{جتا} (\text{م}) \; \text{جا}^{٢} (\tfrac{١}{٢} \text{ز}) \quad (٢٨)$$

$$\text{جا} (\text{ع}) = \text{جتا} (\text{ض} - \text{م}) - \text{جتا} (\text{ض}) \; \text{جتا} (\text{م}) \; (١ - \text{جتا} \; \text{ز}) \quad (٢٩)$$

وهتان المعادلتان يمكن استنباطهما من المعادلة رقم (٤) ويمكن الحصول على الانحراف عن خط الشمال من المعادلة الآتية اذا علم الميل والزاوية السويعية والارتفاع

$$\text{جا} (\text{ش}) = \text{جا} (\text{ز}) \; \text{جتا} (\text{م}) \; \text{قاطع} (\text{ع}) \quad (٣٠)$$

ويمكن تعيين خط الشمال من نجم بالقرب من القطب عند ما تعلم الزاوية السويعيه باستعمال المعادلة الآتية

$$(٣١) \quad \text{طا} (\text{ش}) = \frac{\text{جا} (\text{ز})}{\text{جتا} (\text{ض}) \; \text{طا} (\text{م}) - \text{جا} (\text{ض}) \; \text{جتا} (\text{ز})} \quad (٣١)$$

وهذه المعادلة يمكن الحصول عليها بقسمة المعادلة (٨) على المعادلة (٧) مع قسمة الناتج على جتا (م) .

وعند ما يكون النجم أو الـكوكب على الافق

ومعلوم — (١) خط العرض (٢) ميل النجم

والمطـــــــــــــلوب ايجاد .

(١) الزاويه السويعيه (٢) والانحراف عن خط الشمال

فتؤخذ عند ما يكون النجم أو الـكوكب على الافق المعادلتان (٤) ، (٩)

و بوضع (ع = صفر) ينتج : —

جتا (ز) = — ظا (م) ظا (ض) (٣٢)

جتا (ش) = جا (م) قاطع (ض) (٣٣)

وتستعمل المعادلتان فى ايجاد الشروق والغروب وانحراف الشمس عن خط الشمال فى هذه الاوقات

النجم عند ما يكون عند أقصى مدى A star at Greatest Elongation —

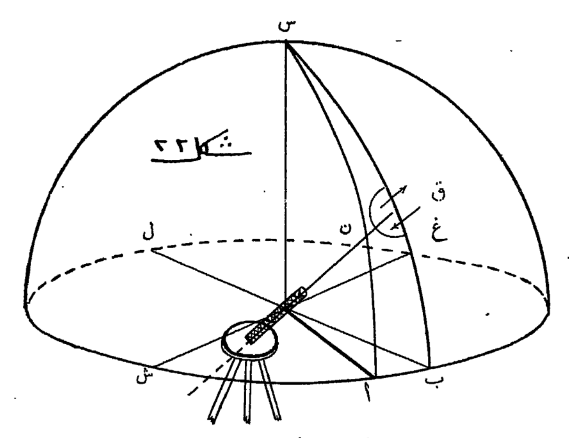
للمثلث (ق س ن) حالة خاصة ولهـا أهمية عمليه وتحدث عند ما يكون النجم فى تـكبده (Culmination) شمالا من السمت عند أقصى مدى (At Greatest Elongation) .

و ينحرف النجم فى هذا الموضع بمقدار أقصى زاوية عن خط الشمال كما أن دائرته اليومية (Diurnal circle) مماسة (Tangent) لدائرته الرأسية المارة بالنجم وتمثل هذه الحالة المثلث القائم الزاوية عند (ن) شكل (٢٣)

معادلات الزاوية السويعية والانحراف عن خط الشمال

جتا (ز) = ظا (ض) ظتا (م) (٣٤)

جا (ش) = جا (ق) قا (ض) (٣٥)



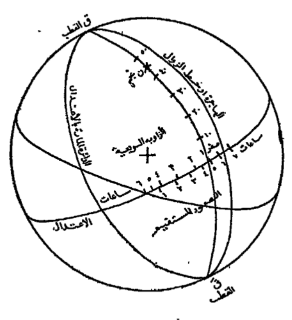
ومن هاتين المعادلتين نجد وقت أقصى مدى (Time of Elongation)
وكذلك انحراف النجم عن خط الشمال .

العلاقة بين الصعود المستقيم و بين الزاوية السويعية

لفهم علاقة الصعود المستقيم بالزاويه السويعية لنقطة مايُتصور خط الاستواء على الكرة الخارجية مدرجا الى ساعات ودقائق وثوان من الصعود المستقيم صفرها عند الاعتدال وتزداد عند إنتقالها شرقا ويُتصور الكرة الداخلية عليها خط الاستواء مدرجا الى زوايا سويعية صفرها عند خط طول الراصد وتزداد أعدادها فى الانتقال غربا (أنظر الشكل ٢٣)

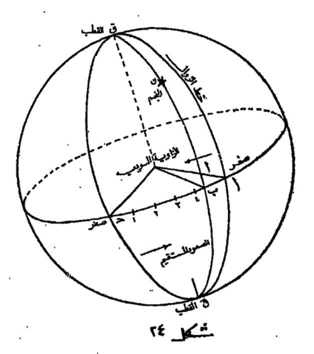
علاقة الصعود المستقيم بالدائرة السويعية

عند ما تدور الكرة الخارجية الوهمية فتقاسيم الساعات على مقياس الصعود



شكل ٢٣

المستقيم تعبر خط الزوال حسب ترتيب الاعداد المبينة عليه والعدد المقابل لخط الزوال (Meridian) فى أى لحظة يمثل مقدار مامضى من الوقت على مرور الاعتدال على خط الزوال (Meridian) واذا قرأنا مقياس الزاوية السويعية مقابل الاعتدال (Vernal Equinox) نحصل على نفس عدد الساعات وهذا العدد من الساعات



شكل ٢٤

أو هذه (الزاوية المقاسة بالساعات) تعتبر الصعود المستقيم لخط الطول أو الزاوية السويعية للاعتدال وفى الشكل (٢٤) نجد

أن الزاوية السويعية للنجم (ن) = ا ب

ا ب = زاوية السويعية

وأن الصعود المستقيم = ج ب

ا ب + ب ج = ا ج = الزاوية السويعية للاعتدال

وهذه العلاقة تنطبق على جميع أوضاع النجم (ن) وتكون رابطة عامة بين الاحداثيات

الزاويه السويعية للاعتدال = الزاوية السويعية للنجم + الصعود المستقيم للنجم

الفصل الرابع

الوقت او الزمن

فى العرف الفلكى والمدنى

الوقت (الزمن)

القياس الاصلى للوقت هو دورة كاملة للارض على محورها وهو ثابت ابدا ويمكن تعيينه بدوران نجم من الهاجرة الى ان يعود اليها وسميت تلك المدة يوما نجميا وقسمت الى ٢٤ ساعة نجمية .

الوقت الشمسى أو الوقت الظاهرى :

يحسب من دوران الشمس الظاهرى من الهاجرة الى عودتها اليها فلو كانت

الشمس ثابتة كنجم لكان الوقت الشمسي والوقت النجمي واحدا ولكن الشمس في انتقالها شرقا ٣٦٠° في ٢٤٢٢ و ٣٦٥ يوم شمسي تنتقل بمقدار $\frac{٣٦٠°}{٣٦٥٫٢٤٢٢}$ = ٣٥ر٨ً ٥٩َ ٥° قوسية في كل يوم أو درجة واحدة تقريباً

ويفهم من ذلك أن في مدة دوران الارض مرة واحدة على محورها تكون الشمس قد انتقلت من خط نصف النهار نحو الشرق فيبقى مقدار ذلك التقدم للارض ان تدوره قبل وصول الشمس الى خط نصف النهار بالثانى أى أن الشمس تدور ظاهرا لاجل اتمام يوم شمسي بمقدار ٣٥ ر٨ً — ٥٩َ — ٣٦٠° .

وعليه يكون ٣٥ر٨ً ٥٩َ ٣٦٠° : ٣٥ر٨ً ٥٩َ : : ٢٤ ساعة : ٩٠٩١ر٥٥ ثانية ٣ دقيقة

وينتج من ذلك أن $\frac{\text{اليوم الشمسي}}{\text{اليوم النجمي}}$ = ١٠٠٢٧٣٧٩١ر١

وبالعكس $\frac{\text{اليوم النجمي}}{\text{اليوم الشمسي}}$ = ٠ر٩٩٧٢٦٩٥٧

اليوم الشمسي الوسطى = ٢٤ ساعة + ٥٥٥ر٥٦ ثانية ٣ ق وقت نجمي

فاذا اعتبرنا اليوم الشمسي الوسطى وحدة فيكون اليوم النجمي

= ٢٤ ساعة — ٣ ق ٩٠٩ر٥٥ ثانية

= ٢٣ ساعة ٥٦ ق ٠٩ ثانية ٠٩ ر٤

هذا ولو كانت حركة الشمس في دائرة البروج متساوية دائماً لكانت الكمية المذكورة هي الفرق بين اليوم الشمسي واليوم النجمي ولكنها تارة تبطئ وأخرى تسرع وعليه تكون الايام الشمسية غير متساوية فللحصول على قياس

ثابت للوقت تتوهم شمس وهمية تتحرك على خط الاستواء فى مدد متساوية بين انتقالها من خط نصف النهار الى العودة اليه فيحدث معدل طول يوم شمسى فى مدة السنة ويسمى بالوقت الوسطى (MEAN TIME) وهذه الشمس الوهمية تارة تسبق الشمس الحقيقية وأخرى تتأخر عنها وبما أنه لا يمكن الاستدلال على الوقت الوسطى من مراقبة الشمس الوهمية فيمكن معرفة الوقت الظاهرى من مراقبة الشمس الحقيقية وبمعرفة كمية تقدم الشمس الوهمية على الشمس الحقيقية وتأخرها وباضافتها وطرحها من الوقت الظاهرى يتحصل على الوقت الوسطى ويسمى القدر المضاف أو المطروح بمعادلة الوقت

تحويل الوقت الوسطى الى وقت ظاهرى وبالعكس

يحول الوقت الوسطى الى وقت ظاهرى باضافة معادلة الوقت جبريا أعنى (+) أو (—) عن اللحظة المراد تحويل الوقت فيها كما أن معادلة الوقت يمكن استخراجها من التقويم الفلكى البحرى عن الساعة (صفر) من الوقت المدنى (Civil time) عن نصف ليل كل يوم عند غرينتش . واذا كان الوقت بين منتصف ليل ما والذى يليه فيضرب مقدار اختلافه فى الساعة فى عدد الساعات التى مضت من منتصف الليل السابق ويضاف لمنتصف هذا الليل السابق .

ولتحويل الوقت الظاهرى الى وقت وسطى يطرح من الوقت الظاهرى معادلة الوقت وأيضاً عدد الساعات مضروبا فى اختلافه فى الساعة

الوقت الفلكى والوقت المدنى

كان الوقت المستعمل قبل سنة ١٩٢٥ فى التقاويم الفلكية يعطى الساعة صفر وهى ساعة نصف النهار بالضبط والساعات كانت تستمر الى الساعة أربعة وعشرين وبهذه الكيفية كان اليوم الفلكى والمدنى متفقين بعد الظهر لكن قبل

الظهر كانا مختلفين بمقدار يوم فمثلا الساعة السابعة بعد الظهر الثالث من يناير مدنيا هى الساعة السابعة من ثلاثة يناير فلكيا ولكن الساعة (٣) صباحاً من يوم ١١ مايو مدنياً هى الساعة (١٥) قبل ظهر يوم ١٠ مايو عند التعبير عنه بالوقت الفلكى فمن سنة ١٩٢٥ توحد مبدء الوقت المستعمل سواء فلكيا أو مدنياً الا أن الوقت ذات الـ ٢٤ ساعة بعد الظهر فيه تستمر أرقامه بعد الساعة (١٢) الى الساعة (٢٤) أعنى أن اليوم يبدأ الساعة صفر وهى ساعة نصف الليل . كما هى الحال فى الوقت المدنى ويستمر الى الساعة ٢٤ وهى صفر اليوم التالى

ملحوظة : وعند ما يستعمل اليوم المنقسم ١٢ ساعة صباحاً و ١٢ ساعة مساء فالساعة ٣ صباحاً هى الساعة ٣ فى التقويم والساعة ٣ مساء هى الساعة ١٥ فى التقويم .

الزاوية السويعية والوقت

عند ما يمر جرم سماوى بخط نصف نهار الراصد يقال له أنه فى مروره الاعلى ثم على بعد ١٨٠° درجة من المطلع المستقيم يمر الجرم ثانية بخط نصف النهار فيقال له انه فى مروره الاسفل . ويحتوى المرور الأعلى على سمت الراصد كما يحتوى مروره الاسفل على النادر — وفى لحظة مروره الأعلى تمثل زاويته السويعية (معبرة عن الوقت) الساعة صفر بالنسبة للجرم . ولحظة مروره الاسفل زاويته السويعية هى ١٢ ساعة ومعرفة الساعة السويعية فى أى لحظة من حركة الجرم تنبىء عن الوقت اللازم للوصول الى خط نصف نهار المكان ان كان (شرقا) والوقت الذى انقضى من لحظة مروره عليه ان كان (غربا) وذلك نظراً لمعدل اختلافه المنتظم حتى أننا اذا ضبطنا ساعتنا للادارة مدة أربع وعشرين ساعة بين المرورين المتوالين فالساعة السويعية (س) هى ما تظهره الساعه

الوقت النجمى

بمـا أن حركة الأرض حول محورها منتظمة فلو كان محورها ثابتاً فى محله لبقيت المدة بين المرورين لـكل نقطة على الـكرة الأرضية متساوية بالضبط الا أن اتجاه المحور به تغير محسوس خصوصاً فى النجوم القريبةمن القطبين . فلامكان الحصول على مقاس ثابت للوقت أخذت نقطة على خط الاستواء هى مبدأ برج الحمل أو نقطة الاعتـدال الربيعى وجُعل هذا مبدأ مقاس الوقت النجمى واليه ينسب الوقت النجمى

اليوم النجمى

هو المدةالمحصورة بين مرورين علويين لنقطة الاعتدال الربيعى على نفس خط نصف النهار وينقسم الى أربع وعشرين ساعة والساعة الى ٦٠ دقيقة والدقيقة الى ٦٠ ثانية

وعليه فيكون الوقت النجمىفى أية لحظة هوالزاوية السويعية لنقطة الاعتدال الربيعى من خط نصف نهار الراصد غربا من الساعة صفر الى الساعة أربعة وعشرين (٢٤) ومن تعريفنا السابق للمطلع المستقيم تتبع النجوم بعضها فى المرور على خط نصف النهار حسب مطالعها المستقيمة

ضبط ساعتنا اليومية

الوقت (الشمسى) أو الظاهرى هو مرور مركز الشمس على خط نصف نهار الراصد ثم مرور مركزها هذا ثانية بعد مضى يوم شمسى والوقت الظاهرى فى أى لحظة هو الزاوية السويعية للشمس مقاساً غرباً الى اللحظة المعينة باعتبار كل ١٥° درجة من الوقت=ساعة وقدأوضحنا ضرورة استعمال اليوم الشمسى الوسطى وهو المستعمل فى ساعتنا اليومية والحائطية وتضبط الساعات بالنسبة للساعة (١٢) وهى

لحظة مرور الشمس على الهاجرة عن كل يوم فى السنة

وبما أن مروري مركزي الشمسى الوهميه على خط نصف النهار يمثلان اليوم الشمسى الوسطى ويساوى ٢٤ ساعة

فالوقت الوسطى فى أى لحظة هو الزاوية السويعية لمتوسط مركز الشمس الوهمية فى تلك اللحظة

ومن ذلك نجد أن : —

الوقت الوسطى = (الوقت الظاهرى) (+) أو (—) معادلة الوقت

رابطة خطوط الطول السماوية بالوقت .

خطوط الطول هى البعد القوسى على دائرة البروج Ecliptic بين خط طول المكان وبين الاعتدال الربيعى وتقاس شرقا الى ٣٦٠° درجة = ٢٤ ساعة وبما أن الزاوية السويعية للشمس فى أى لحظة وبأى مكان هى الوقت الشمسى للمكان فالفرق بين الزاوية السويعية لجرم ما لمكانين على الارض فى نفس اللحظة هو فرق خط الطول .

وبالرصد على الشمس فى لحظة واحدة فى مكانين يمكن الحصول على فرق خطى الطول للمكانين

جـ = وقت جرينتش

م = الوقت المحلى

ط = خط الطول

فيكون جـ = (م ± ط)

وتحسب خطوط الطول (—) الى ١٨٠° درجة شرقا و (+) الى ١٨٠° درجة غربا

ملخص الاوقات

(١) وقت نجمى

(٢) وقت ظاهرى أو شمسى

(٣) وقت وسطى

مقاس السنه

السنة الشمسية هى المدة التى تدور فيها الارض حول الشمس فى فلكها او هى المدة بين مرورى الشمس على متوسط الاعتدال الربيعى

والسنة حسب BESSEL = ٢٤٢٢ر٣٦٥ يوما شمسياً وسطياً

الوقت الوسطى والوقت الشمسى

السنة = ٢٤٢٢ و ٣٦٦ يوما نجميا

وعلى ذلك ..

يكون اليوم النجمى = ٩٩٧٢٦٩٥٧و٠ يوما شمسيا وسطيا

	ثانيــة	دقيقة	ساعة
٢٤ ساعة نجمية =	٠٩١ و٤	٥٦	٢٣

(١) الساعة النجمية = (ا ساعة وسطية — ٨٢٩٦ و ٩ ثانية وسطية)

(٢) الساعة الوسطية = ا ساعة نجمية (+) ٨٥٦٥ و٩ ثانية نجمية)

ملحوظة : جداول تحويل الساعات النجمية الى وسطية وبالعكس موجودة « بالتقاويم السنوية NAUTICAL ALMANACS »

طريقة تحويل الوقت النجمى الى وقت وسطى و بالعكس

الوقت النجمى لجرينتش لمتوسط الظهر عند جرينتش وارد بصفحة ٢ من التقويم الفلكى البحرى والوقت الوسطى لجرينتش للظهر النجمى عند جرينتش

وارد بصحيفة ٣ من التقويم المذكور (وهو الوقت الوسطى لمرور نقطة الاعتدال الربيعى على خط نصف النهار)

ومدة الوقت الوسطى التى مضت من الوقت الوارد بالتقويم يمكن تحويلها الى مدة من الوقت النجمى واضافتها للوقت الوارد بالتقويم .

وبما أن الاوقات الواردة بالتقويم هى بالنسبة لجرينتش وتواريخه فالوقت المحلى لأى مكان آخر يمكن تحويله الى وقت جرينتش المقابل فى اللحظة .

وبما أن الوقت المحلى النجمى لمتوسط الظهر المحلى يمكن الحصول عليه من الوقت النجمى لجرينتش لمتوسط الظهر عند جرينتش (صحيفة ٢ من التقويم الفلكى البريطانى) بتصحيح الآخر للفرق فى الوقت بين متوسط وقت الساعة العادية ووقت الساعة التى تحفظ الوقت النجمى الذى حدث فى المدة التى مضت بين الظهر الوسطى عند جرينتش والظهر الوسطى للمكان المقصود .

والفرق بين معدل الوقت الوسطى والوقت النجمى يمكن اعتباره ٨٦ و ٩ ثانية فى كل ساعة (أنظر المعادلة نمرة (٢) صحيفة ٥٨) والمدة التى مضت هى الفرق فى خط الطول . وعليه يكون التصحيح = ٨٦و٩ ثانية × (خط الطول بالساعة) .

وهذه الكمية تكون موجبة اذا كان خط الطول غربا .

وتكون سالبة « « « شرقا

ثانية زمنية

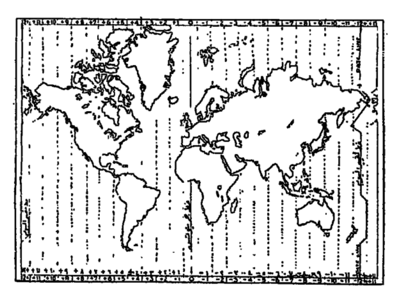
ملحوظة — لتحويل وقت وسطى شمسى الى وقت نجمى يضاف ٩٫٨٥٦ عن كل ساعة وسطية شمسية و بقسمة هذا الرقم على ٦٠ ينتج ٠٫١٦٤٢ ثانية زمنية يضاف لكل دقيقة . كما يضاف ٠٫٠٠٢٧ ثانية زمنية لكل ثانية زمنية من الوقت الوسطى .

و بالعكس لتحويل وقت نجمى الى وقت وسطى شمسى يطرح ٩٫٨٢٩٦ ثانية زمنية عن كل ساعة نجمية و بقسمة هذا الرقم على ٦٠ ينتج ٠٫١٦٣٨ ثانية زمنية تطرح عن كل دقيقة نجمية و ٠٫٠٠٢٧ ثانية زمنية تطرح عن كل ثانية نجمية

الاوقات الاساسية فى المماليك المختلفة .

أخذ فى كل مملكة خط طول معين بالنسبة لجرينتش كاساس للوقت واليه تنسب جميع الاوقات حتى لا تدور الساعات فى البلاد المختلفة فى المملكة على أوقات مختلفة فالوقت الاساسى فى مصر هو بالنسبة لخط طول ٣٠ درجة وهى ساعتان قبل وقت جرينتش ويضرب المدفع يومياً بالقاهرة على الظهر (وقت مدنى) بأشارة كهربائية من المرصد بحلوان على حساب الوقت الوسطى لساعة المرصد

خريطة تبين مناطق الوقت فى الممالك المختلفة وخط تغير اليوم على الكرة الارضية والفروقات بالنسبة لوقت جرينتش الوسطى المتقدم بالزائد (+) والمتأخر بالناقص (—)



شكل ٢٥

الفصل الخامس

التقويم النجمى الامريكى والتقويم البحرى وفهرست النجوم

The American Ephemeris, and Nautical Almanac, star catalogues

المفروض أن الصعود المستقيم والميل معروفان للحاسب ويشملان نتائج محسوبة من أرصاد بآلات كبيرة أخذت من مراصد وطبعت على نفقة الحكومة فى المطبوعات الآتية :

(1) American Ephemeris & Nautical Almanac (U. S. A. Navy)
(2) Nautical Almanac (Great Britain)
(3) Berliner Astronomisches jahrbuch (Germany)
(4) Connaissance des Temps (France)
(5) Almanaque Nautico (Spain)

والتقويم الامريكى يشمل احداثيات الشمس والقمر والكواكب والنجوم وكذا انصاف أقطارها واختلاف مناظرها ومعادلة الوقت والمعلومات اللازمة للمشتغلين بالفلك العملى وينقسم الى ثلاثة أقسام :

الاول — يشمل معلومات عن الشمس والقمر والكواكب بالوقت المدنى عند غرينتش عند الساعة (صفر) التى هى نصف الليل عادة أو أول اليوم المدنى وكانت تعطى هذه المعلومات قبل سنة ١٩٢٥ عن الظهر الوسطى عند غرينتش .

الثانى — يشمل جداول مواقع النجوم ومايتعلق بها منسوبة الى خط نصف النهار (Meridian) عند المرصد البحرى الامريكى فى واشنطون ٧٨ر١٥ ثانية ٨ دقائق ٥ ساعه غرب غرينتش) وذلك فى لحظة مرور هذه النجوم .

الثالث — يشمل كل البيانات والمعلومات المطلوبة لحساب التنبوء بخسوف القمر وكسوف الشمس وكذلك للكواكب والنجوم وفى نهاية المجلد توجد جداول

قيمة للمساحين بهامقادير الاحداثيات وغيرها من الجداول مماهو مدون فى التقويم فانه منسوب للحظة معينة عند (غرينتش) أو (واشنطون) وكذلك سرعة تغييرها أو اختلافها فى الساعة فانه منسوب لتلك اللحظة .

وسرعة التغيير هى عبارة عن المعاملات التفاضلية (Differential Coefficients) عن القيم المدونة للعوامل أما اذا لزم ايجاد القيمة عن أىَ لحظة أخرى فمن الضرورى معرفة وقت غرينتش عن تلك اللحظة .

وتوجد جداول عن المواقع الظاهريه للنجوم التى تحوم حول القطب وغيرها وتشمل هذه الجداول احداثيات يومية عن النجوم التى تحوم حول القطب وعن كل عشرة أيام عن النجوم الأخرى ونظراً لمبادرة الاعتدالين (Precession of the Equinoxes) فانه يتسبب منها اختلاف سريع فى الصعود المستقيم للنجوم التى تحوم حول القطب وبغير انتظام أكثر منه فى النجوم التى بالقرب من خط الاستواء ولذا أعطيت الاحداثيات فى مدد معددة .

وفى الجزء الثانى من التقويم يوجد جدول عن « تكبد القمر » Moon Culminations ويشمل المعلومات اللازمه لايجاد خط الطول برصد القمر عند مروره على خط نصف النهار .

والجداول التى بنهاية التقويم هى : —

جدول (١) لايجاد خط العرض وذلك بايجاد إرتفاع النجمة القطبيه .

(٢) تحويل الوقت النجمى الى وقت وسطى شمسى

(٣) تحويل وقت وسطى شمسى الى وقت نجمى

(٤) خط شمال النجمة القطبية عند كل زاوية سويعية

(٥) خط شمال النجمة القطبية عند أقصى مدى (Elongation)

(٦) تحويل الارصاد الى أقصى مدى من أرصاد قريبة من أقصى المدى

(٧) ايجاد وقت مرور النجمة القطبية على خط نصف النهار بالرصد

(٨) وقت التكبد العلوى وأقصى مدى الخ . . . . وجداول أخرى

الفهرس النجمى

من الفهارس النجمية ما هو مؤسس على سنة ١٨٩٠ ومنها ما هو على سنة ١٩٠٠ وبهما معلومات عن تحويل الكميات الى الموقع الوسطى عن أى سنة أخرى . والموقع الوسطى لنجم هو نسبته للاعتدال الوسطى فى أول السنة أى أنه الموقع الذى يشغله النجم فيما لو لم يتأثر موقعه بالتأثيرات البسيطة الناتجة عن العوامل الزمنية بسبب عوامل مبدارة الاعتدالين

والسنة المتحذة فى هذه العمليات هى سنة وهمية معروفة باسم مبتكرها (بسل — Bessel) وأولها عند ما يكون خط طول الشمس الوسطى (قوس من دائرة البروج) على بعد ٢٨٠° أعنى عندما يكون صعوده المستقيم عن الشمس الوسطية ١٨ ساعة و ٤٠ دقيقة وذلك فى أول يناير

وبعد ما يحول الموقع المدون بالفهرس الى الموقع الوسطى فى مبدأ السنة يستلزم تحويلا آخر الى الموقع الظاهرى عن التاريخ بالضبط وذلك باستعمال المعادلات والجداول المدونة فى الجزء الثانى من التقويم .

توجد نجوم لا ترد ضمن التقويم الفلكى البحرى لكنها واردة ضمن بعض الفهارس كفهرس بوس وطريقة تحويل احداثياتها من تاريخ الفهرس الى تاريخ الرصد مبينة فى مثال محاول عن النجم رقم ٣٦٨ بهذا الفهرس بمساعدة التقويم النجمى عن سنة ١٩٢٥ وهى سنة الرصد

وهذه الطريقة كانت مستعملة بمرصد حلوان ولا تزال مستعملة فى الاعمال الجيودتية المصرية

تحويل احداثيات النجم نمرة ٣٦٨ بفهرس بوس النجمى الى تاريخ الرصد وهو يوم ١٢ يناير سنة ١٩٢٥ عند وقت غرينتش الوسطى الساعة ١٦

مقادير مأخوذة من بوس عن الصعود المستقيم للنجم المذكور

	ساعة	ق	ثانية
متوسط الصعود المستقيم	١	٣٤	٣٩٫٧٤
مبادرة الاعتدالين			
(+ ٣٫٥٨١٢)	+	١	٢٩٫٥٣
$\dfrac{\left(\text{الاختلاف في مائة سنة}\right) \times (\text{زمن}^2)}{200}$			
(+ ٠٫٠٤٠١)	+		٠٫١٢
الحركة المضبوطة	٠		٠
	ساعة	ق	ثانية
متوسط الصعود المستقيم	١	٣٦	٩٫٣٩٦

مقادير مأخوذة من التقويم النجمى عن سنة ١٩٢٥

$$G = ١١٩^{\circ}\ \ ٣٠'$$
$$a' = ٢٤^{\circ}\ \ ٠٢'$$
$$G + a' = ١٤٣^{\circ}\ \ ٣٢'$$

	لوغاريتم	عدد طبيعى
f		٠٫٦٠٠ ثانية
لو g	٩٠٠٤	
لو (a + G)	١̅٫٧٧٤٠	
لو ظا (الميل)	١̅٫٩٦٨٤	
متمم لوعا (١٥)	٢̅٫٨٢٣٩	
	١٫٤٦٦٧	+ ٠٫٢٩٣
لو (h)	١٫٣٠٦٢	
لو جا (a + H)	٢̅٫٨٠٩٨	
لو ظا (الميل)	٠٫١٣٥٣	
متمم لو (١٥)	٢̅٫٨٢٣٩	
	١̅٫٠٧٥٢	٠٫١١٩
td (c)		
ى (الصعود المستقيم)		— ٠٫١٨٨

	ساعة	ق	ثانية
الصعود المستقيم الظاهرى يوم ١٢ يناير سنة ١٩٢٥	١	٣٦	٩٫٢٠٨

مقادير مأخوذة من فهرس بوس النجمى عن الميل الجرمى للنجم المذكور

متوسط الميل	٣٠٫٤٥″	٤٧′	٤٢°
مبادرة الاعتدالين (+ ١٨٫٣٢٣)	+ ٣٨٫٠٨″	٧′	
	٠٨٫٥٣″	٥٥′	٤٢°

ما قبله	٨٫٥٣" ٥٥' ٤٢°
$\dfrac{\left(\text{الاختلاف فى مائة سنة}\right) \times (\text{زمن}^{٢})}{٢٠٠}$	— ٠٫٦٨"
(— ٠٫٢١٨)	
الحركة المضبوطة	
متوسط الميل	٧٫٨٥" ٥٥' ٤٢°

H = ٣٣٩° ٤٠'

a = ٢٤° ٠٢'

H + a = ٠٠٣° ٤٢'

	لوغاريتم	(عدد طبيعى)
لو «g»	٠٫٩٠٠٤	
لو جتا (G + a)	$\bar{1}$٫٩٠٥٤	
	٠٫٨٠٥٨	(— ٦٫٤١)
لو «h»	١٫٣٠٦٢	
لو جتا (H + a)	$\bar{1}$٫٩٩٩١	
لو حا ١٥ =	$\bar{1}$٫٨٣٣١	
	١٫١٣٨٤	١٣٫٧٥
لو (i)	٠٫٤٨٤٣	
لو جتا (الميل)	$\bar{1}$٫٨٦٤٧	
	٠٫٣٤٩٠	— ٢٫٢٣

c d t' = — ٠٫٠٣٨

د (الميل)	+ ٥٫١١"
الميل الظاهرى يوم ١٩٢٥/١/١٢	١٢٫٩٦" ٥٥' ٤٢°

شكل الارض

شكل الأرض هو القطع الناقص الدورانى وقطرها الأصغر هو قطر محور الدوران ولو أن حقيقة شكلها يختلف قليلا عن ذلك الا أنه يمكن التجاوز عن هذا الفرق فى الأعمال الفلكية المعتادة وعليه تعتبر خطوط الطول شكل قطع ناقص وخط الاستواء وخطوط العرض دوائر مضبوطة ويمكن اعتبار الارض كرة فى المسائل الملاحية والفلكية المساحية العادية المرصودة بالآت صغيرة بدون خطأ كبير

الجدول حسب حساب كلارك سنة ١٨٦٦

عن شكل الارض وهو المستعمل فى مساحة بريطانيا العظمى

خط العرض مقاس الدرجة بالكيلومتر		خط الطول مقاس الدرجة بالكيلو	
خط العرض	كيلو متر	خط الطول	كيلو متر
صفر	١١١ر٣٢١	صفر — °١	١١٠ر٥٦٧
°١٠	١٠٩ر٦٤١	°١٠ — °١١	١١٠ر٦٠٤
°٢٠	١٠٤ر٦٤٩	°٢٠ — °٢١	١١٠ر٧٠٥
°٣٠	٩٦ر٤٨٨	°٣٠ — °٣١	١١٠ر٨٥٧
°٤٠	٨٥ر٣٩٦	°٤٠ — °٤١	١١١ر٠٤٢
°٥٠	٧١ر٦٩٨	°٥٠ — °٥١	١١١ر٢٣٩
°٦٠	٥٥ر٨٠٢	°٦٠ — °٦١	١١١ر٤٢٣
°٧٠	٣٨ر١٨٨	°٧٠ — °٧١	١١١ر٥٧٢
°٨٠	١٩ر٣٩٤	°٨٠ — °٨١	١١١ر٦٦٨
٩٠	صفر	°٨٩ — °٩٠	١١١ر٦٩٩

عوامل القطع الناقص الدورانى Elements of Spheroid of Revolution

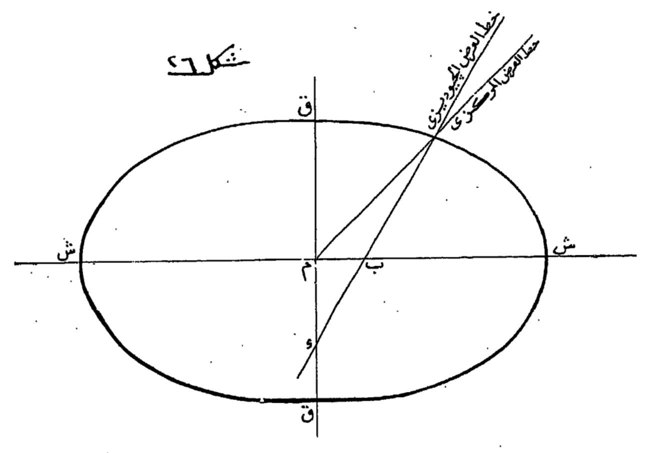
	حساب بسل ١٨٤١ Bessel	حساب كلارك ١٨٦٦ Clarke
القطر الاكبر	٦٣٧٧ر٣٩٧٢	٦٣٧٨ر٢٠٦٤
القطر الاصغر	٦٤٥٦ر٠٧٩٠	٦٣٥٦ر٥٨٣٨
الاكسينتريكية(e)	٠ر٠٨١٦٩٧	ر٠٨٢٢٧١
الانبعاج = (القطر الأكبر – القطر الأصغر) / القطر الاكبر	١ / ٢٩٩ر١٥	١ / ٢٩٤ر٩٨

لتعيين نقطة على سطح الارض بواسطة الاحداثيات الكرية يوجد ثلاثة أنواع من خط العرض (Latitude)

(١) خط العرض الفلكى وهو ما يرصد بالتعويل على اتجاه الجاذبية كما يدل عليه ميزان المياه وهو الزاوية الحادثة بين الرأسى أو خط (خيط الشاغول) و بين مستوى خط الاستواء

(٢) خط العرض الجيوديزى وهو الذى ينتجه الاتجاه الرأسى على سطح الكرة (Sphere) أو سطح القطع الناقص الدورانى (Ellipsoid) و يختلف فى كل مكان عن خط العرض الفلكى بكمية صغيرة تقريباً ″٣ وربما وصل أحياناً الى ″٣٠ و يسمى فى العرف الجيوديزى (بانحراف خط الشاغول المحلى) Local deflection of the plumb line أو خطأ المحطة أعنى خطأ (نقطةالرصد) وهو المقاس المباشر لحقيقة السطح فى اختلافه عن القطع الناقص الدورانى (Ellipsoid of Revolution) ومن ذا يتضح أن خط العرض الجيوديزى لا يمكن رصده وانما يمكن حسابه

(٣) خط العرض المركزى واذا رسم خط من أى نقطة على سطح الارض (أنظر الشكل ٢٧) فالزاوية الحادثة بين الخط ومستوى خط الاستواء يقال لها خط العرض المركزى Geocentric Latitude



وفى الشكل (ا د) عمودى على سطح الكرة والزاوية (ا ب ش) هى خط العرض الجيوديزى وخط خيط الشاغول أو خط الجاذبية عند النقطة (ا) ينطبق تقريباً مع (ا ب) وليكن (ا بَ) والزاوية الحادثة (ا بَ ش) مع خط الاستواء هى خط العرض الفلكى عند النقطة (ا) والزاوية (ا م ش) هى خط العرض المركزى (Geocentric Latitude)

والفرق بين خط العرض المركزى وخط العرض الجيوديزى هو الزاوية (ب ا م) ويقال لها الزاوية الرأسية أو معامل خط العرض

وخط العرض المركزى يختلف عن خط العرض الجيوديزى بمقدار ٣٠" ١١' فى خط عرض ٤٥° الى صفر عند خط الاستواء والقطبين

وبعد الرصد لايجاد خط العرض الفلكى على سطح الارض تحول هذه المقاسات الى ما يقابلها عند مركز الارض قبل ادخالها فى المعالم الاخرى المنسوبة للمركز الأرضى وبهذا التحويل يمكن استعمال خط العرض المركزى عند الحاجة الى مزيد الدقة ويسهل باستعمال جداول المستر كريج صحيفة ٧٤ جدول نمرة ٢ (Survey Paper 13) المطبوعة بمطبعة الحكومة المصرية سنة ١٩١٠

ويكفى للارصاد العادية أن تعتبر الارض كرية عند التحويل من خط عرض الى خط عرض من نوع آخر

الفصل السادس

تصحيح الرصد

انكسار الضوء Refraction

الانكسار المقابل للبعد السمتى الظاهرى يختلف باختلاف درجة الحراره وضغط الجو وهو ٣٤" ١٧' عند ما يكون البعد السمتى الظاهرى (صفر°) . ويكون الانكسار معدوما عند ما يكون البعد السمتى الظاهرى ٩٠° درجة ويوجد جدول للانكسار الضوئى بالصفحات ٢٧٩ — ٢٨١ من ارشادات السائحين « الطبعة العاشرة » الجزء الأول من مطبوعات الجمعية الجغرافية الملوكية البريطانية جزء أول

اختلاف المنظر الأفقى للشمس (Parallax)

الاختلاف ناشئ من رصد الانسان للشمس وهو على سطح الأرض بينما الارقام المستعملة — بالتقاويم الفلكية والتى يعول عليها فى رصد الشمس هى بالنسبة لمركز الارض ولذا يجب التصحيح كالآتى : —

ارتفاع السمت	اختلاف المنظر الافقى للشمس	ارتفاع السمت	اختلاف المنظر الافقى للشمس
صفر	« ٩ ثانية قوسية	°٥٠	« ٦ » »
°١٠	« ٩ » »	°٦٠	« ٤ » »
°٢٠	« ٨ » »	°٧٠	« ٣ » »
°٣٠	« ٨ » »	°٨٠	« ٢ » »
°٤٠	« ٧ ثانية »	°٩٠	« صفر ثانية قوسية

انحراف النور (Abberation)

الانحراف هو تغيير فى المكان الظاهرى لجرم سماوى حادث من حركة الارض مدة انتقال النور من ذلك الجرم الينا ومكان الجرم الظاهر كائن وراء مكانه الحقيقى بمقدار ذلك الانحراف .

مبادرة الاعتدالين Precession of the Equinoxes

يقصد بها انتقال تقاطع دائرة البروج مع خط الاستواء شيئاً فشيئاً من الشرق الى الغرب . و يلاحظ عند تعيين خط طول النجم وعرضه أن خط الطول قد زاد وخط العرض باق على ما كان عليه من قبل حتي ولو بعد مضى سنين عليه .

الـكبو Nutation — أن مبادرة الاعتدالين ودوران قطب خط الاستواء حول قطب دائرة البروج يحصل من جاذبية الشمس والقمر لاجزاء الارض الاستوائية وذلك حول الهليولية « Heliocentric » وأعظم الجاذبية عند ماتكون الشمس فى المدارين وعدمها عند ما تكون الشمس فى الاعتدالين . و يُحدث هذا تغييراً مستمراً فى ميل دائرة البروج على خط الاستواء فينتج من ذلك ذبذبة قطب خط الاستواء بالنسبة لقطب دائرة البروج وتسمى هذه الحركة بالـكبو.

تصحيح اختلاف المنظر Parallax

ص = الراصد ش = الشمس م = مركز الارض

شَ = موقع الشمس الحقيقى

ص ش م = زاوية تصحيح اختلاف للنظر

م ص = نصف قطر الارض فيما لو كانت دائرية لـكنها بيضية الشكل

م ش = بعد الشمس عن الارض

فيكون :

حا (ص ش م) = حا (م ص ش) × $\frac{\text{ص م}}{\text{م ش}}$

ومن هـذا يتضح أن اختلاف المنظر هو صفر عند سمت الرأس وأكبرها قيمة عند ما تكون الشمس على الافق والمعادلة هى عند ما تكون

(س ص ش) = ٩٠° درجة

حا(ص ش مَ) = ($\frac{\text{ص م}}{\text{م شَ}}$)

ولتصحيح الارتفاع (ص ش م) يجب عمل حساب أقصى قيمة لاختلاف المنظر الافقى على الافق فاذا وضـعنا $\frac{\text{ص م}}{\text{م شَ}}$ = ز = زواوية اختلاف المنظر الافقى للشمس .

فيكون حا (م ش ص) = جا (ز) جتا (الارتفاع الظاهرى)

ولـكون (ص ش م) ، (ز) صغيرتين فيكون الخطأ تقريباً معدوما إذا استبدلت (حا) بمقياس القوس وتصبح المعادلة

(ص ش م)ً = زً × جتا (الارتفاع الظاهرى).

اختلاف نصف قطر الشمس كالآتى (Sun's semi diameter) :

الشهر	″	′	الشهر	″	′
أول يناير	١٨″	١٦′	أول يوليو	٤٦″	١٥′
أول فبراير	١٦″	١٦′	أول أغسطس	٤٧″	١٥′
أول مارس	١٠″	١٦′	أول سبتمبر	٥٣″	١٥′
أول ابريل	٢″	١٦′	أول أكتوبر	١″	١٦′
أول مايو	٥٤″	١٥′	أول نوفمبر	٩″	١٦′
أول يونيه	٤٨″	١٥′	أول ديسمبر	١٥″	١٦′

أما مقدار انخفاض الافق (Dip) بالنسبة لارتفاع عين الراصد عن سطح الارض فيختلف باختلاف ارتفاع عين الراصد عن سطح الارض أنظر الجدول الآتى : —

فروقات	انخفاض الأفق		ارتفاع عين الراصد	فروقات	انخفاض الافق		ارتفاع عين الراصد
ثانية	دقيقة قوسية	ثانية قوسية	بالمتر	ثانية	دقيقة قوسية	ثانية قوسية	بالمتر
٠٠	٠٠	٠٠	ر٠٠	٢٣″	٤′	٣٠″	٦ر٠٠
٨٠″	١′	٢٠″	ر٥٠	٢٢″	٤′	٥٢″	٧ر٠٠
٣٠″	١′	٥٠″	١ر٠٠	٢٠″	٥′	١٢″	٨ر٠٠
٢٤″	٢′	١٤″	١ر٥٠	١٩″	٥′	٣١″	٩ر٠٠
٢٢″	٢′	٣٦″	٢ر٠٠	١٨″	٥′	٤٩″	١٠ر٠٠
١٩″	٢′	٥٥″	٢ر٥٠	١٧″	٦′	٦″	١١ر٠٠
١٦″	٣′	١١″	٣ر٠٠	١٦″	٦′	٢٢″	١٢ر٠٠
١٥″	٣′	٢٦″	٣ر٥٠	١٦″	٦′	٣٨″	١٣ر٠٠
١٤″	٣′	٤٠″	٤ر٠٠	١٥″	٦′	٥٣″	١٤ر٠٠
١٤″	٣′	٥٤″	٤ر٥٠	١٤″	٧′	٧″	١٥ر٠٠
١٣″	٤′	٠٧″	٥ر٠٠	١٤″	٧′	٢١″	١٦ر٠٠

فروقات	انخفاض الأفق		ارتفاع عين الراصد	فروقات	انخفاض الأفق		ارتفاع عين الراصد
ثانية	دقيقة قوسية	ثانية قوسية	بالمتر	ثانية	دقيقة قوسية	ثانية قوسية	بالمتر
١٤″	٧′	٣٥″	١٧ر٠٠	٩″	١١′	٢٨″	٣٩ر٠٠
١٣″	٧′	٤٨″	١٨ر٠٠	٩″	١١′	٣٧″	٤٠ر٠٠
١٣″	٨′	١″	١٩ر٠٠	٩″	١١′	٤٦″	٤١
١٢″	٨′	١٣″	٢٠ر٠٠	٩″	١١′	٥٥″	٤٢
١٢″	٨′	٢٥″	٢١ر٠٠	٨″	١٢′	٣″	٤٣
١٢″	٨′	٣٧″	٢٢ر٠٠	٨″	١٢′	١١″	٤٤
١٢″	٨′	٤٩	٢٣ر٠٠	٩″	١٢′	٢٠″	٤٥
١١″	٩′	٠٠	٢٤ر٠٠	٨″	١٢′	٢٨″	٤٦
١١″	٩′	١١″	٢٥ر٠٠	٨″	١٢′	٣٦″	٤٧
١١″	٩′	٢٢″	٢٦ر٠٠	٨″	١٢′	٤٤″	٤٨
١٠″	٩′	٣٢″	٢٧ر٠٠	٨″	١٢′	٥٢″	٤٩
١١″	٩′	٤٣″	٢٨ر٠٠	٨″	١٣′	٠٠″	٥٠
١٠″	٩′	٥٣″	٢٩ر٠٠	٣٨″	١٣′	٣٨″	٥٥
٩″	١٠′	٤″	٣٠ر٠٠	٣٦″	١٤′	١٤″	٦٠
١٠″	١٠′	١٤″	٣١ر٠٠	٣٥″	١٤′	٤٩″	٦٥
٩″	١٠′	٢٣″	٣٢ر٠٠	٣٤″	١٥′	٢٣″	٧٠
١٠″	١٠′	٣٣″	٣٣ر٠٠	٣٢″	١٥′	٥٥″	٧٥
٩″	١٠′	٤٣″	٣٤ر٠٠	٣١″	١٦′	٢٦″	٨٠
٩″	١٠′	٥٢″	٣٥ر٠٠	٣١″	١٦′	٥٧″	٨٥
٩″	١١′	١٠″	٣٦ر٠٠	٢٩″	١٧′	٢٦″	٩٠
٩″	١١′	١٠″	٣٧ر٠٠	٢٩″	١٧′	٥٥″	٩٥
٩″	١١′	١٩″	٣٨ر٠٠	٢٨″	١٨′	٣٢″	١

الفصل السابع

الابراج الفلكية للنجوم

الابراج :

ليس هذا الموضوع جزء من دراسة الفلك العملى لان النجوم يمكن الاهتداء اليها بواسطة الاحداثيات (راجع فصل تعيين موقع الجرم على الكرة السماوية بمعرفة ارتفاع النجم وخط شماله فى وقت معين الخ)

واذا وضع الراصد تيودليته فى خط نصف النهار وعرف خط عرضه والوقت المحلى أمكنه أن يميز النجوم عند مرورها على خط نصف النهار بواسطة أوقاتها وارتفاعاتها عند مرورها العلوى

طريقة تسميتها :

السماء مقسمة بطريقة عرفية عند الفلكيين الى مساحات غير منتظمة ومجموعة النجوم داخل هذه المساحات تسمى برجاً ويميزها الحروف الابجدية اليونانية عند الافرنج فى كل مساحة حسب درجة لمعانهـا (فالالف) للدرجة الاولى (والباء) للدرجة الثانية وهكذا وتسمى البروج بأسماء لاتينية فالدب الاصغر هو (Ursœ Minoris) والدب الاكبر (Ursœ Majoris)

وعند ما يوجد توأمان من النجوم بالقرب من بعضهما فيرمز لهما بالارقام حسب ترتيب مرورهما على خط نصف النهار

درجات النجوم

يعتبر أشد النجوم لمعانا من درجة (١) والاقل منه درجة (٢) وهكذا ولا يمكن تمييز النجوم التى من الدرجة الخامسة إلا بواسطة تليسكوب .

الابراج حول القطب

الابراج حول القطب هى مرشدة المساح ففى نصف الكرة الشمالى يهتدى الى القطب بالنجمة القطبية وهى ضمن برج الدب الاصغر المرموز لها (بالف)من الأحرف اليونانية وكانت على بعد ٠٦َ ١° من القطب تقريباً سنة ١٩٢٥ وهذه المسافة آخذه فى النقص بمقدار ١/٣َ كل سنة حتى يأتى عليها وقت بعد قرون تكون بالقرب من القطب السماوى الشمالى .

والنجم (ب) من برج ذات الكرسى B Cassiopeiæ وهو الجزء الأعلى من الركن الايمن من حرف W بالقرب من القطب فى الجزء المقابل للنجمة القطبية وصعوده المستقيم صفر ساعة ودائرته السويعية تمر بالاعتدال الربيعى فيمكن بالنظر الى هذا النجم تقدير الوقت النجمى المحلى بمساعدة النجمة القطبية

منطقة البروج

هى منطقة تكتنف دائرة البروج من جانبيها وعرضها من كل جانب ٨° وهى التى تسير فيها السيارات المنتسبة للنظام الشمسى

خريطة الابراج السماوية ونجومها مبين عليها الصعود المستقيم من الساعة

(صفر) الى الساعة (٢٤) على خط الاستواء وكذا دوائر الميل كل ١٠° درجات من الصفر الى ٩٠° والخريطة مكونة من نصف الكرة السماوى الشمالى ونصف الكرة السماوى الجنوبى انظر شكل « السماء ذات البروج » صفحة ٧٨ مكرر

الصعود المستقيم التقريبي لنقطة على خط نصف النهار يمكن ايجاده فى أى وقت كالآتى : —

احسب الصعود المستقيم للشمس بحساب ساعتين عن كل شهر أو أربع دقائق عن كل يوم مضى من يوم (٢٣) مارس مع ملاحظة أن الصعود المستقيم للشمس

أخذ فى الزيادة ثم أضف هذا الصعود المستقيم الى (١٢) للوقت المحلى المدنى فيعطى الوقت النجمى أو الصعود المستقيم لنجم على خط نصف النهار

مثال ذلك

ساعة دقائق

يوم (١٠) أكتوبر الصعود المستقيم للشمس هو ٦ × ٢ + ١٧ × ٤

دقائق ساعة ق ساعة

= ٠٨ ١٣ وهو الصعود المستقيم للشمس + ١٢ ساعة = (٨ ٢٥) أو

ق ساعة

(٨ ١) فى الساعة التاسعة (٩) من الوقت المدنى المحلى — أى ساعة ٢١ —

فعليه يكون

ق ساعة ساعة ق ساعة

٨ ١ + ٢١ = ٠٨ ٢٢

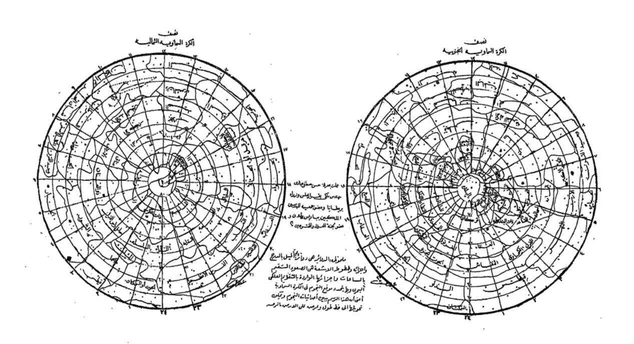
فأى نجم هذا صعوده المستقيم يكون قريباً من خط نصف النهار فى الساعة التاسعة مساء

الكواكب

اذا وجد نجم لامع بالقرب من دائرة البروج وموقعه لا يماثل موقع نجم على الخريطة النجمية للبروج فهو كوكب عمد الشمس

كوكب الزهرة لامع جداً وليس بعيداً/ ويرى تارة شرقى الشمس وأخرى غربيها قبل شروق الشمس قليلا أو بعد غروبها بقليل

وكوكب المريخ أحمر اللون ويظهر عليه سطح دائرى


نصف
الكرة السماوية الشمالية
نصف
الكرة السماوية الجنوبية
عملت بمعرفة حسن مصطفى هادى
مهندس ملكى بقسم الطرق وزميل
بريطانيا وعضو جمعية الفلكيين
الملكيين بباريس ولندن و
عضو لجنة العلماء والمخترعين ؟
ما موضوع الدوائر هي دوائر الميل بالدرج
واجزائه والخطوط الاشعة هي الصعود المستقيم
بالساعات واجزائها الواردة بالتقويم الفلكي
البحري وبها يتحدد موقع النجوم في الكرة السماوية
أعني ان هذا الرسم يبين احداثيات النجوم ويمكن
تحويلها الى خط طول وعرض على الارض بالرصد

أبراج نصف الكرة السماوية الشمالية

حسب خريطة « السماء ذات البروج »

(١) ذات الكرسي	Cassiopeia	(٢٢) كلاب الصيد	Canes Venatici
(٢) المرأة المسلسلة	Andromeda	(٢٣) ذات الثور	Coma Berenices
(٣) الحوت أو السمكتان	Pisces	(٢٤) السنبلة	Virgo
(٤) الملتهب	Cepheus	(٢٥) الزرافة	Cameleopardalis
(٥) السقاية	Lacerta	(٢٦) عناق الارض	Lynx
(٦) الفرس الاعظم	Pegasus	(٢٧) السرطان	Cancer
(٧) التنين	Draco	(٢٨) ثعبان البحر	Hydra *
(٨) البجعة	Cygnus	(٢٩) ذو العنان	Auriga
(٩) الثعلب	Vulpecula	(٣٠) الجوزاء	Gemini
(١٠) الدلفين	Delphinus	(٣١) الكلب الاصغر	Canis Minor
(١١) قطعة الفرس	Equuleus	(٣٢) وحيد القرن	Monoceros
(١٢) السلياق	Lyra	(٣٣) حامل رأس الغول	Perseus
(١٣) السهم	Sagita	(٣٤) الثور	Taurus
(١٤) العقاب	Aquila	(٣٥) الجبار	Orion
(١٥) الجاثي	Hercules	(٣٦) المثلث	Triangulum
(١٦) الحواء	Ophiuchus	(٣٧) الحمل	Aries
(١٧) الدب الاصغر	Ursa Minor	(٣٩) قيطس	Cetus
(١٨) الاكليل الشمالي	Corona	(٣٩) الاسد الصغير	Leo Minor
(١٩) الحويه	Serpens	(٤٠) الاسد	Leo
(٢٠) العواء	Bootes	(٤١) السكستانت	Sextans
(٢١) الدب الاكبر	Ursa Major		

* حية البحر وصورها (الصوفي) كثعبان غليظ

أبراج نصف الـكرة السماوية الجنوبية

حسب خريطة « السماء ذات البروج »

البرج	Name
(١) البلتره	Octans
(٢) توكان	Toucan
(٣) العنقاء	Phoenix
(٤) النقاش	Sculptor
(٥) قيطس	Cetus
(٦) السمكتان	Pisces
(٧) ثعبان البحر الجنوبى	Hydrus
(٨) النهر	Eridanus
(٩) الفرن الـكيماوى	Fornax
(١٠) الساعة ذات البندول	Horologium
(١١) الشبـكة	Reticulum
(١٢) الطاولة	Mensa
(١٣) غشا العين	Nubecula Major
(١٤) السمك السيفى	Dorado
(١٥) السماك	Caelum
(١٦) اليمامة	Columba
(١٧) الارنب	Lepus
(١٨) الجبار	Orion
(١٩) المصور	Pictor
(٢٠) الـكلب الاكبر	Canis Major
(٢١) ذو القرن الوحيد	Monoceros
(٢٢) الحرباء	Chameleon
(٢٣) السفينة	Argo
(٢٤) السمك الطائر	Piscis volans
(٢٥) الصارى	Malus
(٢٦) الآلة المفرغة	Antlia
(٢٧) ثعبان البحر	Hydra
(٢٨) النحل	Musca
(٢٩) الصليب	Crux
(٣٠) قيطس	Centaurus
(٣١) الباطية	Crater
(٣٢) سكستانت	Sextans
(٣٣) الاسد	Leo
(٣٤) الغراب	Corvus
(٣٥) السنبلة	Virgo
(٣٦) النحل	Apus
(٣٧) المثلث الجنوبى	Triangulum Australis
(٣٨) البوصلة	Circinus
(٣٩) الذئب	Lupus
(٤٠) الميزان	Libra
(٤١) المجرة	Ara
(٤٢) المربع	Norma

(٤٣) العقرب	Scorpio
(٤٤) الحواء	Ophiuchus
(٤٥) الطاووس	Pavo
(٤٦) النظارة الفلكية	Telescopium
(٤٧) الاكليل الجنوبى	Corona Austra
(٤٨) الرامى	Sagittarius
(٤٩) الدرع	Scutum
(٥٠) الحوية	Serpens
(٥١) العقاب	Aquila
(٥٢) الهندى	Indus
(٥٣) الميكروسكوب	Microscopum
(٥٤) الحوت الجنوبى	Piscis Austra
(٥٥) الجدى	Capricornus
(٥٦) الغرنوق	Grus
(٥٧) الدلو	Aquarius

أوقات مرور النجوم على خط نصف النهار

المطلوب معرفة ما يمر من النجوم على خط طول الراصد (خط نصف نهاره) ما بين الساعة (٧ و ١٠ مساء) وقت وسطى محلى

قاعدة تقريبية

{ ٧ الى ١٠ وقت وسطى محلى } + { الوقت النجمى عند منتصف الليل } = { الصعود المستقيم للنجم المراد رصده بالتقريب }

قاعدة مضبوطة لوقت مرور النجم على خط نصف النهار

{ مجموعة الاوقات عن الشمس (١) } = { الوقت الذى مضى من منتصف الليل عند غرينتش (٢) } +

+ { الوقت النجمى لغرينتش عند منتصف الليل (٣) } + { تصحيح الساعة على وقت غرينتش الوسطى بالزائد (+) عند تأخير الساعة (٤) } +

{ خط طول المكان بالزائد (+) اذا كان شرقاً (٥) }

الوقت = الصعود المستقيم للنجم — مجموعات الأوقات عن الشمس

(٦) = (٧) . . . . (١)

المعادلة الاولى (١) = (٢) + (٣) + (٤) + (٥)

المعادلة الثانية ٦ = (٧) - (١)

الفصل الثامن

تعيين موقع نجم على الكرة السماوية

بقياس ارتفاعه وانحرافه عن خط الشمال فى وقت معين

نحصل من التقويم الفلكى على صعود النجم المستقيم وميله ويمكن تحويلهما بالحساب الى ارتفاع وانحراف عن خط الشمال

(١) معلوم لدينا خط عرض ووقت مكان الرصد والصعود المستقيم والميل لنجم والمطلوب ايجاد ارتفاعه وانحرافه عن خط الشمال

ق = P = القطب

ن = S = النجم

س = Z = السمت

الخط الممثل لخط نصف النهار هو (ا س ق ب)

صل (س) مع (ن) بدائرة عظيمة تقطع الافق فى (ف)

وإذا علم الوقت المحلى يمكن حساب الوقت النجمى — وقد تلاحظ لنا مما سبق بأن الصعود المستقيم للنجم هو وقته النجمى عنـد مروره على خط نصف النهار وعليه فالفرق بين الوقت النجمى عند الرصد (لحظة الرصـد) والصعود المستقيم للنجم يعطى الفترة بين مرور النجم على الهاجرة (خط نصف النهار) وميعاد الرصد مقدراً بالوقت النجمى أعنى أن تحويلها الى درج ودقائق وثوان يعطى الزاوية السويعية (ن ق س) للنجم

فاذا كان الوقت النجمى فى ميعاد الرصـد أقل من الصعود المستقيم للنجم

فالفرق يعطى الزاوية السويعية (ن ق س) غرباً

وفى المثلث الكرى ق ن س معلوم

(١) س ق = متمم خط العرض

(٢) ن ق = البعد القطبي أو متمم الميل

(٣) الزاوية الداخلة س ق ن = قَ

فيمكن حساب (س ن) وهو البعد السمتى أو متمم الارتفاع

والزاوية (ن س ق) = سَ تعين الانحراف عن خط الشمال للنجم

فلو رمزنا للزوايا فى المثلث الكرى بالحروف (سَ ، قَ ، نَ) أنظر الشكل نمرة (٢٧) فالمعادلة هى

$$\text{ظل}\ \tfrac{1}{2}\,(\text{نَ} + \text{سَ}) = \frac{\text{جتا}\ \tfrac{1}{2}\,(\text{س ق} - \text{ن ق})}{\text{جتا}\ \tfrac{1}{2}\,(\text{س ق} + \text{ن ق})}\ \text{ظتا}\ \frac{\text{قَ}}{2} \quad \ldots\ldots (1)$$

$$\text{ظل}\ \tfrac{1}{2}\,(\text{نَ} - \text{سَ}) = \frac{\text{جا}\ \tfrac{1}{2}\,(\text{س ق} - \text{ن ق})}{\text{جا}\ \tfrac{1}{2}\,(\text{س ق} + \text{ن ق})}\ \text{ظتا}\ \frac{\text{قَ}}{2} \quad \ldots\ldots (\text{ا ب})$$

ومن هذه المعادلات نحصل على الزاوية نَ ، سَ

ولتعيين ن س وهو البعد السمتى أو متمم الارتفاع نجد

$$\text{جا}\,(\text{ن س}) = \frac{\text{جا}\,(\text{قَ})\ \text{جا}\,(\text{ن ق})}{\text{جا}\,(\text{سَ})} \quad \ldots\ldots (2)$$

وبما أن البعد السمتى (س ن) لا يزيد عن ٩٠° درجة فلا يكون الامر غامضاً

(ب) بقياس الارتفاع والانحراف عن خط الشمال لنجم مع رصد الوقت

المطلوب ايجاد الصعود المستقيم والميل للجرم

المفروض معلومية خط العرض والطول راجع الشكل السابق (٢٧)

س = البسمت	سَ = الانحراف عن خط الشمال
ق = القطب	قَ = الزاوية السويعية
ن = النجم	نَ = زاوية النجم

فى المثلث الكرى س ن ق : — (ن ق = متمم الميل)

س ق = متمم خط العرض

س ن = البعد السمتى أو متمم الارتفاع

زاوية (ن س ق) معلومة حيث أنها الزاوية المحصورة بين المستوى الرأسى المار بالنجم وخط الزوال أو الشمال المار بالراصد

وحيث علم ضلعان والزاوية بينهما فيمكن ايجاد (ن ق) وهو البعد القطبى أو متمم الميل وايجاد الزاوية السويعية (ن ق س)

والمعادلات حسب الرموز السابقة هى : —

$$\text{ظا}\ \tfrac{1}{2}\left(\text{نَ} + \text{قَ}\right) = \frac{\text{جتا}\ \tfrac{1}{2}\left(\text{س ق} - \text{س ن}\right)}{\text{جتا}\ \tfrac{1}{2}\left(\text{س ق} + \text{س ن}\right)}\ \text{ظتا}\ \frac{\text{سَ}}{2} \quad \ldots\ldots\ (٣)$$

$$\text{ظا}\ \tfrac{1}{2}\left(\text{نَ} - \text{قَ}\right) = \frac{\text{جا}\ \tfrac{1}{2}\left(\text{س ق} - \text{س ن}\right)}{\text{جا}\ \tfrac{1}{2}\left(\text{س ق} + \text{س ن}\right)}\ \text{ظتا}\ \frac{\text{سَ}}{2} \quad \ldots\ldots\ (٣\ \text{ب})$$

$$\text{جا}(\text{ن ق}) = \frac{\text{جا}(\text{سَ})\ \text{جا}(\text{س ن})}{\text{جا}(\text{قَ})} \quad \ldots\ldots (٤)$$

والزاوية السويعية (ن ق س) عند ما تحول الى ساعات ودقائق وثوان بمعدل (١٥° عن كل ساعة) تبين الوقت النجمى الذى يمضى قبل ما يبلغ النجم الهاجرة (خط نصف النهار) اذا كان النجم شرقاً أو يبين الوقت النجمى الذى انقضى على مرور النجم بخط نصف النهار اذا كان النجم غرباً وبما أن الصعود المستقيم لنجم هو الوقت النجمى لمروره على الهاجرة فلايجاد الصعود المستقيم لنجم تجمع قيمة الوقت (الزاوية ن ق س = الزاوية السويعية) الى الوقت النجمى المحلى فى لحظة الرصد اذا كان النجم شرقى الهاجرة ويطرح اذا كان النجم غربى الهاجرة

وميل النجم = ٩٠° — متمم البعد القطبى (ن ق) المحسوب اعلاه

ملخص عن المعادلة ١ ، ١ ب ، ٢

نَ = زاوية النجم عند (ن)

سَ = انحراف النجم عن خط الشمال

قَ = الزاوية السويعية

متمم الميل = ن ق ، متمم خط العرض = س ق

(١) ظا ½ (زاوية النجم + زاوية انحراف النجم عن خط الشمال)

$$= \frac{\text{جتا}\ \tfrac{1}{2}\ [\text{متمم خط العرض} - \text{متمم الميل}]}{\text{جتا}\ \tfrac{1}{2}\ [\text{متمم خط العرض} + \text{متمم الميل}]} \times \text{ظتا}\ (\text{نصف الزاوية السويعية})$$

(١ب) ظا ½ (زاوية النجم − زاوية انحراف النجم عن خط الشمال)

= (حا ½ (متمم خط العرض − متمم الميل)) / (حا ½ (متمم خط العرض + متمم الميل)) × ظتا (نصف الزاوية السويعية)

(٢) حا (متمم الارتفاع)

= (حا (الزاوية السويعية) × حا (متمم الميل)) / (حا (زاوية انحراف النجم عن خط الشمال))

ملخص عن المعادلة (٣) ، (٣ب) ، (٤)

(٣) ظا ½ (زاوية النجم + الزاوية السويعية)

= (جتا ½ (متمم خط العرض − متمم الارتفاع)) / (جتا ½ (متمم خط العرض + متمم الارتفاع))

× ظتا (نصف زاوية انحراف النجم عن خط الشمال)

(٣ب) ظا ½ (زاوية النجم − الزاوية السويعية)

= (حا ½ (متمم خط العرض − متمم الارتفاع)) / (حا ½ (متمم خط العرض + متمم الارتفاع))

× ظتا [نصف زاوية انحراف النجم عن خط الشمال]

(٤) حا (متمم الميل)

= (حا (زاوية انحراف النجم عن خط الشمال) × حا (متمم الارتفاع)) / (حا (الزاوية السويعية))

قاعدة لايجاد الوقت النجمى المحلى من الوقت الوسطى المحلى

(١) ضف فرق خط الطول جبرياً واحسب الوقت الوسطى عند غرينتش فى اللحظة المعينة وحوّل الفترة الناتجة عن الوقت الوسطى الى وقت نجمى

(٢) وأوجد من التقويم الفلكى البحرى وقت غرينتش النجمى عند الظهر الوسطى السابق على خط طول غرينتش و باضافة فرق خط الطول جبرياً عيّن الوقت النجمى المحلى فى اللحظة المذكورة

(٣) اجمع (١) على (٢) والناتج هو الوقت النجمى المحلى

مثل :

أوجد الوقت النجمى عند خط طول (٣٥ر٤٣ً ٣٨َ ١٢١° غربا) أو (ثانية ٣٤ر٨٩ ق ٦ ساعات ٨) غرب غرنيتش فى ٢ أكتوبر سنة ١٩١٣ الوقت الوسطى المحلى هو ثانية ٣٢ ق ١٧ ساعات ٩ بعد الظهر

الحل :

		ثانية	ق	ساعات
الوقت الوسطى المحلى عند (٣٥ر٤٣ً ٣٨َ ١٢١°)	=	٣٢	١٧	٩
خط الطول غربا	= +	٣٤ر٨٩	٠٦	٨
(١) الوقت الوسطى عند غرنيتش المقابل لذلك الوقت الوسطى المحلى		٠٦ر٨٩	٢٤	١٧

يحول (١) الى وقت نجمى

	ثانية	ق	ساعة
فيعطى الفترة بالوقت النجمى التى انقضت على ظهر غرينتش الوسطى	٥٨ر٤١	٢٦	١٧

	ثانية	ق	ساعة
ما قبله	٥٨ر٤١	٢٦	١٧
وقت غرنيتش النجمى عند ظهر غرنيتس الوسطى يوم ٢ أكتوبر سنة ١٩١٣	٢٣ر٥٠	٤٢	١٢

		ثانيه	ق	ساعة
وقت غرنيتش النجمى فى اللحظة		٢١ر٩١	٠٩	٣٠
اطرح فرق خط الطول	—	٣٤ر٨٩	٠٦	٨
الوقت النجمى المحلى المطلوب		٤٧ر٠٢	٠٢	٢٢

معرفة اسم النجم المرصود

من التقويم الفلكى البحرى أو من فهرس النجوم

يستدل على اسم النجم المرصود. متى علم لنا

١) خط الزوال أو خط طول الراصد أو الانحراف عن خط الشمال (Meridian)

٢) وخط عرض مكان الراصد Latitude — وخط طوله

٣) والوقت الوسطى المحلى للمكان Local Mean Time

بمقاس

١) انحراف النجم عن خط الزوال أعنى زاوية انحراف النجم عن خط الشمال المار بالراصد Azimuth of star from Observer's Meridian

٢) وارتفاع النجم عن الافق Altitude of star above Horizon

مثل عملى لمعرفة اسم نجم مرصود

يوم ١٥ نوفمبر سنة ١٩٢٤ رصد فيه نجم جنوبى فى الساعة ٢٠ث ٤٢ق ٦س من على نقط بجوار عموم المساحة بالجيزة بغرض معرفة اسمه

الحساب

		ثانية	ق	ساعه
ساعة الرصد[١]		٢٠	٤٢	٦
الفترة بين ساعة قراءة الساعة و بين لحظة الرصد (بعداد الثوانى)	—	٤٨		
لحظة الرصد بالضبط		٣٢	٤٢	٦
الفرق بين الوقت المحلى بمصر و بين الوقت المحلى بغرينتش		٠٠	٠٠	٢
وقت غرينتش الوسطى عند لحظة الرصد		٣٢	٤٢	٤
تحويل الوقت الوسطى اعلاه الى وقت نجمى		١٨٫٤	٤٣	٤
الوقت النجمى للشمس عن الظهر الوسطى من تقويم سنة ١٩٢٤ N. A. and Am. E.		١٠٫٥	٣٧	١٥
الوقت النجمى عند غرينتش فى لحظة الرصد		٢٨٫٩	٢٠	٢٠
الفرق بين خط طول الراصد و بين غرينتش (شرقا)	+	٥٣٫٠	٠٤	٢
الوقت فى لحظة الرصد على خط طول الراصد بجوار عموم المساحة (بالجيزة)[٢]		٢١٫٩	٢٥	٢٢

(١) مضبوطة على وقت أوزيا الشرقى الاساسى وهو وقت مصر المحلى .

(٢) خط عرض مكان الرصد ٠٢َ ٣٠° بالتقريب

الرصد لايجاد متوسط البعد السمتى أو متمم الارتفاع

و بما أن التيودوليت المستعمل هو من طراز الميكرومتر فقراءة الدائرة الرأسية تعطى متمم الارتفاع

قراءة الميكرومتر (ح) = C ٠٣ ١٥ ٣٣٣°

» » (د) = D ٠٠ ١٥ ١٥٣°

متوسط الميكرومترين ٠٠ر٣ ١٥ ٣٣٣°

وعليه يكون متمم الارتفاع — ٢٧٠°

البعد السمتى ٥ر١ ١٥ ٦٣° متمم الارتفاع

وعلى الدائرة الافقية للتيودوليت يقرأ انحراف النجم عن خط الشمال للراصد

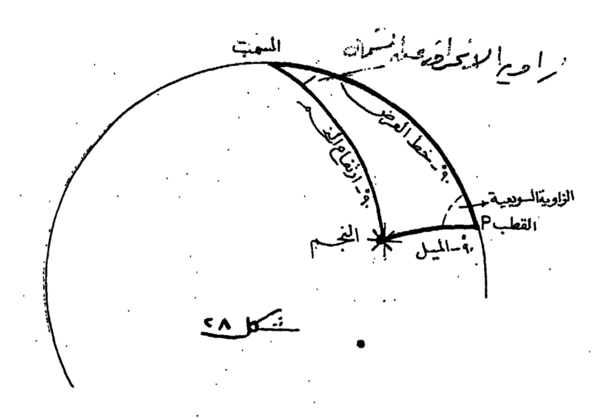
قراءة = ا = A ٤٢ ٤٠ ١٧٢°

» = ب = B ٤٤ ٤٠ ٣٥٢°

فيكون متوسط انحراف النجم ٤٣ ٤٠ ١٧٢°
عن خط الشمال المار بالراصد

ونوجد هذا العلاقة بين العوامل

		جيب	جيب تمام
خط عرض المكان	٣٠٫٠٢°	٥٠٠ر	٨٦٦ر
انحراف النجم عن خط الشمال	٤٣ ٤٠ ١٧٢° (٤٣ ٤٠ ٨٢°)	١٢٧ر	٩٩٢ر
متوسط متمم ارتفاع النجم	٥ر١ ١٥ ٦٣°	٨٩٣ر	٤٥١ر



شكل ٢٨

والمطلوب : — ميل النجم

حا (الميل) = جتا (متمم الارتفاع) × حا (خط العرض)

+ [حا (متمم الارتفاع) × جتا (خط العرض)

× جتا (انحراف خط الشمال عن النجم)] (١)

حا الميل = ٤٥١ر × ٥٠٠ر − ٨٩٣ر × ٨٦٦ر × ٩٩٢ر = − (٥٤١ر)

∴ الميل = − (٤٨َ ٣٢°)

حا الزاوية السويعية =

حا (متمم الارتفاع) × حا (انحراف النجم عن خط الشمال)
―――――――――――――――
جتا الميل

ملحوظة — هذه المعادلة يمكن حلها بالرسم البيانى الذى توضح بمجلة الهندسة فى العدد الخامس سنة ١٩٣١ عند الكلام على القبلة

حتا ٤٨َ ٣٢° = ٨١٢٥ر

حا الزاوية السويعية = (٨٩٣ر × ١٢٧ر) / ٨١٢٥ر = ١٣٤٧ر

الزاوية السويعية = ٧٥ر٧° قوسية

الزاوية السويعية = ٤٥َ ٧° قوسية = + ٣١ دقيقة زمنية

	ث	ق	ساعة
الوقت النجمى المحلى للرصد =	٢٢	٢٥	٢٢
الزاوية السويعية للنجم =		+ ٣١	
الصعود المستقيم للنجم =	٢٢	٥٦	٢٢

وعليه يكون النجم ميله declination (δ) = (- ٤٨َ ٣٢°)* (١)

وصعوده المستقيم Right Ascension RA = ٥٦ ق ٢٢ س * (٢)

راجع فهرس النجوم أو التقويم البحرى الامريكى أو البريطانى تجد أن النجم الذى احداثياته تنطبق على (١) و (٢) هو α Pisces أعنى الحيتان المرموز لها بالحرف الاول من الاحرف الابجدية اليونانية (ألفاً) = a

(ملحوظة) واذا لم توجد هذه الاحداثيات الناتجة لنجم فى التقويم الفلكى البحرى فيبحث عنه فى فهارس النجوم مثل بوس

---

* صفحة ٥ من التقويم الفلكى الامريكى عن ١٠ نوفمبر ١٩٤٤ يعطى احداثيات (ألفا) الحيتان α pisces

$\delta = -30^\circ\ 1'$

$RA = 22^h\ 53^m$

والفروق ناشئة من خطأ فى المقياس

الفصل التاسع

ابسط الطرق الفلكية

لتعيين موقع الراصد على الارض

(١) اتجـــاه خط الزوال عنــــد الظهر الظاهرى

(من غير آلة رصد)

يمكن تحديد خط الزوال بالتقريب بمراقبة الاتجاه الذى يحدث من ظل عامود رأسى (شاخص) عند الظهر الظاهرى

ولتعيين لحظة الظهر الظاهرى يجب معرفة معادلة الوقت والوقت الوسـطى المحلى وبالفرض أن الراصد على خط طول درجة ٣° غرباً وساعته تسير على مقتضى وقت غرينتش الوسـطى بينما التقويم الفلكى البحرى البريطانى يعطى معادلة الوقت عن اليوم ٧ دقائق و ٣٢ ثانية أعنى أن الظهر الظاهرى عنـد غرينتش يحدث عند الساعة ١٢ والدقيقة ٧ والثانية ٣٢ حسب ساعته

وبما أن الظهر الظاهرى يحدث عنـد $\frac{٣°}{٣٦٠°}$ × ٢٤ ساعة = ١٢ دقيقة بعـد الوقت السابق الذكر وذلك بسبب فرق خط الطول فانه يجب تعيين اتجاه ظل الشاخص عنـد الساعة ١٢ والدقيقة ١٩ والثانية ٣٢ من الوقت المبين على الساعة المضبوطة على وقت غرينتش الوسطى و به يتعين خط الزوال أو خط الشمال

(٢) ايجاد خط الزوال أوخط الشمال بدون التقويم الفلكي البحري و بدون آلة رصد

الطريقة الاولى — يوضع شاخص وضعاً رأسياً على أرض مستوية . ومن مركز الشاخص ترسم دوائر أنصاف أقطارها مساوية لظلال الشاخص الحادثة فى ساعات معينة قبل و بعد الظهر . ثم تعين نقط تقاطع الظلال مع محيطات الدوائر. وتنصف الاقواس أو أوتارها فنرى أن نقط التنصيف ممتدة على خط واحد هو خط نصف النهار . أو خط الزوال أو خط الشمال .

ولزيادة الايضاح يقال أنه اذا رسمت دوائر لظلال الشواخص فى الساعات العاشرة والحادية عشر والثانية عشر فلا بد من رسم دوائر أخرى لظلى الساعة الواحدة والساعة الثانية بعد الظهر . أى أن الساعات التى تؤخذ قبل الظهر يؤخذ مثلها بعد الظهر و يلاحظ دائماً أن ظل الشاخص وقت الظهر يكون أصغر الظلال قبله و بعده

الطريقة الثانية — طريقة الساعة المضبوطة على الوقت المحلى .

اذا كان لديك ساعة مضبوطة على الوقت المحلى فلو وجهت عقرب الساعات الى جهة الشمس بحيث ينطبق العقرب وظله على بعضهما تماماً فمنصف المسافة بين هذا العقرب والساعة (١٢) هو الجنوب الحقيقى عند ما يكون الراصد فى خط عرض شمال خط الاستواء ولا تستعمل هذه الطريقة بالقرب من خط الاستواء

(٣) تعيين خط الشمال بواسطة النجم القطبى من برج الدب الاصغر (وميزار) من برج الدب الاكبر (بدون آلة رصد)

راجع خريطة الابراج السماوية تجد بالقرب من ذات الكرسى من نصف الكرة السماوى الشمالى برج الدب الاصغر والدب الاكبر و يتكون كلا من الدبين من أربعة نجوم على شكل مربع وثلاثة نجوم ممتدة من طرف أحد الاربعة نجوم . والنجم القطبى هو آخر الثلاثة النجوم الممتدة من الاربعة بالقرب من

شكل ٦٧ من البروج حول القطب وهو برج ذات الكرسى أما (ميزار) فهو النجم المتوسط بين الثلاث نجوم فى الدب الأكبر وهو بمثابة يد (المحراث) وفى منظار التليسكوب يمكن أن تجده بصفة نجمين توأمين

وبما أن (النجم القطبى) يرسم دائرة صغيرة والنجم (ميزار) يرسم دائرة أكبر فهذان النجمان يقعان مرتين فى كل ٢٤ ساعة فى نفس العامود وهو الوقت الذى يقع القطب فى خطهما وبذا يتحدد خط الزوال أوخط الشمال بالنجوم التى تحوم حول القطب

(٤) تعيين الوقت المحلى من ظل شاخص رأسى

هو الوقت الذى يكون فيه ظل العامود أو الشاخص الرأسى أقصر ما يكون بالنسبة لطوله قبل وبعد الظهر ويمثل الظهر المحلى أو هو وقت مرور الشمس على خط يمثل منصفات أوتار ظلال الشاخص الرأسى قبل وبعد الظهر المحلى المعروف بخط الزوال أو الشمال وهو السابق وصفه فى طريقة ايجاد خط الشمال

وعند ما يتعين خط الشمال أو الزوال بالضبط فلحظة مرور الشمس أو النجم عليه ترصد بالتيودوليت ويقرأ الكرونمتر وبذا يتعين الظهر الظاهرى المحلى وباضافة أو طرح معادلة الوقت نحصل على الظهر المحلى الوسطى

واذا كان المرصود نجماً فالوقت المحلى الوسطى لساعة المرور يحسب من واقع التقويم الفلكى البحرى ويقارن بوقت الكرونومتر

(٥) خط الطول من الشمس وباللاسلكى

اذا تعين خط الزوال أو الشمال بالضبط عند موقف الراصد واتصل الراصد بآلة اللاسلكى براصد على خط زوال غرينتش فعند مرور الشمس على خط زوال غرينتش ترسل اشارة لاسلكية وتقرأ الساعة وعند مرور الشمس على خط زوال

الراصد المراد ايجاد خط طوله تقرأ الساعة وفرق الوقتين يعين بعد خط طول الراصد عن غرينتش بالساعات والدقائق والثوانى الوقتية وهـذه يمكن تحويلها الى درج ودقائق وثوان قوسية .

ايجاد الوقت النجمى المحلى للظهر الوسطى المحلى

الوقت النجمى المحلى المطلوب هو الصعود المستقيم للشمس عند لحظة الظهر الوسطى المحلى والتقويم الفلـكى البحرى يعطى وقت غرينتش النجمى عند ظهر غرينتش الوسطى وقيمة الصعود المستقيم عند وقت غرينتش الوسـطى المقابل للظهر الوسطى المحلى يمكن حسابهما بالنسـبة والتناسب أو يمكن القول بأن فرق خطوط الطول يندمج ضمن الحساب

قاعدة

صحح وقت غرينتش النجمى عند ظهر غرينتش الوسطى فى اليوم بمقدار (٩٫٨٥٦٥) ثانيـة عن كل ساعة فرق فى خط الطول مضـافاً للوقت ان كان المـكان غربى غرينتش ومطروحاً منه ان كان المـكان شرقى غرينتش

مثال ذلك

(١) المطلوب ايجاد الوقت النجمى المحلى فى يوم ٧ ديسمبر سنة ١٩٢١ فى مكان خط طوله ٦٠° شرقاً = ٤ ساعات

	ساعة	ق	ثانيـة
من التقويم الفلـكى البحرى وقت غرينتش النجمى عند ظهر غرينتش الوسطى يوم ٧ ديسمبر سنة ١٩٢١	١٧	٢	٥١٫٠٧

تصحيح خط الطول = ساعة ٤٫٠٠ × ثانيـة ٩٫٨٥٧ = ٣٩٫٤٣

	ساعة	ق	ثانيـة
(١) الوقت المطلوب	١٧	٢	١١٫٦٤

وهو الوقت النجمى المحلى عند الظهر الوسطى المحلى فى المكان المطلوب

جدول معادلة الوقت سنة ١٩١٠

	أول الشهر		١٠ منه		٢٠ منه		٣١ منه	
	ق	ثانية	ق	ثانية	ق	ثانية	ق	ثانية
١ يناير	—٣	٢٦	—٧	٢٧	—١١	٢	—١٣	٢٢
٢ فبراير	—١٣	٤١	—١٤	٢٤	—١٣	٥٩	٠٠	٠٠
٣ مارس	—١٢	٣٨	—١٠	٣٦	—٧	٤٨	—٤	٤٥
٤ ابريل	—٤	٨	—١	٣١	+ صفر	٥٨	+٢	٤٧
٥ مايو	+٢	٥٥	+٣	٤٢	+٣	٤٢	+٢	٤٨
٦ يونيو	+٢	٣١	+صفر	٥٧	—١	٨	—٣	١٥
٧ يوليو	—٣	٢٧	—٥	١	—٦	٦	—٦	١٦
٨ أغسطس	—٦	١١	—٥	١٩	—٣	٢٦	— صفر	٤٦
٩ سبتمبر	—صفر	٩	+٢	٤٨	+٦	٢٠	+٩	٤٦
١٠ أكتوبر	+١٠	٥	+١٢	٤٥	+١٥	١	+١٦	١٣
١١ نوفمبر	+١٦	١٨	+١٦	٢	+١٤	٢٦	+١١	٢٨
١٢ ديسمبر	+١١	٦	+٧	٢٣	+٢	٣٦	—٢	٢١

(٦) إيجاد خط العرض من قياس ارتفاع الشمس على خط الزوال

ذكرنا فيما سبق أن ارتفاع القطب يساوى خط عرض الراصد وعليه يمكن الحصول على خط العرض بقياس ارتفاع النجم على خط نصف النهار وبما أن النجم وهو الشمس مثلا معلوم ميله من جداول ميل الشمس[1] و بعده القطبي فالطريقة التي يستعملها الضابط الملاح فى ايجاد خط عرضه فى البحر هى

---

(١) يؤخذ من جداول (عبادى) بالهندسة العدد (٦) سنة ١٩٣١

يرصد الضابط الملاح بالسكستانت Sextant كما يرصد المساح بالتيودوليت ارتفاع الشمس وهو الزاوية الحادثة بين الأفق و بين محورالشمس على خط الزوال (الشمال)

ومعادلة النجوم بصفة عامة هى

خط العرض (للمرور السفلى) = الارتفاع على خط الزوال + البعد القطبى

وخط العرض(للمرور العلوى) = الارتفاع على خط الزوال— البعد القطبى

هـذا هو الحال عند ما يكون النجم والقطب فى اتجاه واحد أما اذا كان النجم فى اتجاه جنوبى فالمعادلة

للمرور السفلى تكون

(٩٠° درجة) — خط العرض = (الارتفاع على خط نصف النهار) +(الميل)

وللمرور العلوى

(٩٠° درجة) — خط العرض = (الارتفاع على خط نصف النهار)— (الميل)

خطأ صفر الورنيه Index Error

اختلاف المنظر الأفقى Parallax

الانـكسار الضوئى Refraction

مثال .

ايجاد خط العرض بالسكستانت فى خط عرض جنوبى برصد الشمس على خط الزوال وهو ما يستعمله البحار لايجاد خط عرضه فى البحر

ضعف الارتفاع لحافة مشمس السفلى		١٠″	١٣′	٦٤°
خطأ صفر الورنيه	+	٠٥″	٤′	
		١٥″	١٧′	٦٤°

نصف ما قبله	٣٧ر٥″	٠٨′	٣٢°
الانكسار الضوئى —	٥٥ر٠″	١′	
	٤٢ر٥″	٠٦′	٣٢°
اختلاف المنظر +	٧ر٠″		
	٤٩ر٥″	٠٦′	٣٢°
نصف القطر	٥٠ر٠″	١٥′	
ارتفاع محور الشمس	٣٩ر٥″	٢٢′	٣٢°
الميل شمالا	٥٣ر٠″	٤٧′	١٩°
متمم خط العرض	٣٢ر٥″	١٠′	٥٢°
خط العرض	٢٧ر٥″	٤٩′	٣٧°
جشى	٠٠٠	٠٠٠	٩٠°

مثال ايجاد خط العرض بالتيودوليت

أوجد خط العرض التقريبي بمقاس الارتفاع للشمس على خط نصف النهار يوم ١٢ يونيه سنة ١٩٢٠

خط طول المكان ٤° ٥٩′ ٥″ غربا والرصد بين أكبر زوج من الارتفاعات للشمس فى ذلك اليوم

الميزان		الحافة	الوجه	الارتفاع		المتوسط للارتفاع
الشيئية	العينية			مكرومتر(١)	مكرومتر(٢)	
١٤	١٣	السفلى	الشمال	٥٦° ٤٧′ ٢٠″	٤٧ ٢٥″	٥٦° ٤٧′ ٢٢ر٥٠″
١٢	١٥	العليا	اليمين	٥٧° ١٩′ ٤٥″	١٩′ ٣٥″	٥٧° ١٩′ ٤٠ر٠٠″
٢٦	٢٨					٥٧° ٠٣′ ٣١ر٠٠″

ملحوظة — البارومتر ١ر٣٠ بوصة

الترمومتر ٧٠° فرنهيت

أقسام الميزان او روح التسوية = ٨ً

تصحيح روح التسوية = $\frac{٢٨ - ٢٦}{٢ \times ٢}$ × ٨ً = — ٤ً

٠٠ و٣١ً ٣َ ٥٧°

— ٠٠ و٤ً

٠٠ و٢٧ً ٣َ ٥٧° متوسط الارتفاع

٣٧ً = متوسط الانكسار الضوئى

+ ١ً = تصحيح البارومتر

— ٢ً = تصحيح الترمومتر

٣٦ً

— ٣٦ً

٥١ً ٠٢َ ٥٧°

+ ٥ً اختلاف المنظر = (٧ و٨ً جتا ٥٧)

٠٠ و٥٦ً ٠٢َ ٥٧° الارتفاع الحقيقى

٠٠ و٤ً ٥٧َ ٣٢° البعد السمتى

<u>ميل الشمس عند الظهر الظاهرى المحلى .</u>

خط طول غرب مقدراً بالوقت ٥٦ ثانية . ١٩ دقيقة وهو وقت غرينتش

الظاهرى عند الظهر الظاهرى المحلى

٩ و ١٤ً ٩َ ٢٣° الميل عند ظهر غرينتش الظاهرى يوم ١٢ يونية سنة ١٩٢٠

التغيير فى ميل الشمس فى الساعة =(٥١و٩ً)

ثانية دقيقة

$(١٩ \quad ٥٦) \times \frac{٩،٥١}{٦٠}$ ٢ و ٣ً

شمال ٠٠ و ١٨ ٠٩َ ٢٣° الميل عند الظهر الظاهرى المحلى

شمال ٠٠ و ٠٤ً ٥٧َ ٣٢° البعد السمتى

٠٠ و ٢٢ً ٠٦َ ٥٦° خط العرض الفلكى .

ملحوظة : —

خط العرض الجغرافى لمكان هو الزاوية الحادثة بين خط الاستواء الارضى والمكان أما خط العرض الفلكى فسبق توضح

(٧) جداول انحراف الشمس عن البحرى أو عن خط الشمال عند غروبها أو شروقها

من أهم الامور عند الفلكى أن يعرف خط الشمال أو خط الزوال أو البحرى والجداول الآتية تعطى مقدار انحراف الشمس عن خط الشمال (البحرى) عند الغروب من الاتجاه الجنوبى غرباً ومعنى الشمس هنا هو مركز قرص الشمس عند ما تكون حافتها العليا فى مستوى السطح الافقى المار بالراصد بالضبط وليكن رمزنا عن هذا الانحراف بحرف (غَ) ولو فرضنا بأن الافق ارتفع بزاوية قدرها (ى) فتكون علامتها بالزائد (+) أما اذا انخفض بمقدار زاوية (ى) فيكون بالناقص (—) ولو رمزنا للفرق من ارتفاع وانخفاض الافق المقابل لخط العرض

وميل الشمس بحرف (ف) يكون

الانحراف عن خط الشمال للافق المنخفض = غَ — ى × ف

ونفس هذا الجدول يعطى انحراف الشمس عن خط الشمال (البحرى) عند شروق الشمس اذا اعتبرت هذه المقادير من الجنوب شرقاً .

استعمال الجداول

أوجد قيمة ميل الشمس شمالا أو جنوباً فى يوم الرصد من الجدول (المدون فى مجلة الهندسة شهر يونيو سنة ١٩٣١) عند وقت شروق أو غروب الشمس التقريبى والشروق والغروب يمكن استخراجه من التقويم الفلكى البحرى أو حسابه كما سيأتى الكلام عن حساب الشروق والغروب أو من الرسم البيانى فى نهاية الجزء الثانى من الكتاب و بذا يمكن معرفة ميل الشمس بالتحديد ساعة الشروق والغروب

و بالبحث فى الجداول عن المقابل لخط العرض والميل الشمسى أعلاة نحصل على قدر انحراف مركز الشمس عن خط الشمال (البحرى) عند الغروب (غَ) كما نحصل على القدر (ف) المقابل لنفس خط العرض والميل للتصحيح عن قيمة الانخفاض أو الارتفاع عن أفق الراصد وعليه يكون

انحراف خط الشمال عن الشمس عند غروبها من الجنوب غرباً } = غَ — ى × ف

وانحراف خط الشمال عن الشمس عند شروقها من الجنوب شرقاً } = °٣٦٠ — [غَ — ى ف]

وتشمل أرقام الجدول التصحيح عن نصف قطر الشمس والانكسار الضوئى وتكونت الجداول من الاعتبارات الآتية

ش = مقدار الانحراف عن خط الشمال

س = البعد السمتى

ع = خط العرض

م = الميل

جتا { انحراف الشمس عن خط الشمال } =

$$\frac{-\text{حا (الميل) + جتا (البعد السمتى) حا (خط العرض)}}{\text{حا (البعد السمتى) جتا (خط العرض)}}$$

وعندما يكون س = ٩٠°

ش = غَ

فيكون

$$\text{جتا غَ} = -\frac{\text{حا (م)}}{\text{جتا (ع)}}$$

$$\text{تفاضل (ش)} = \frac{\text{ظل (خط العرض)}}{\text{حا (غَ)}} \times \text{تفاضل (البعد السمتى)}$$

ف = تفاضل (ش) (لان تفاضل البعد السمتى = ١°)

$$= \frac{\text{ظا (خط العرض)}}{\text{جا (غَ)}} \text{ بالدرج}$$

والبعد السمتى لمركز قرص الشمس عندما تكون الحافة العليا فى المستوى الأفقى = ٩٠° + نصف القطر + الانكسار الضوئى

= ٥٠َ ٩٠°

وعليه يكون

شَ = غَ + ½ الفرق (ف)

جدول انحراف الشمس بالدرج عند الغروب والشروق عن خط الشمال عن الجنوب غربا

ميل الشمس بالموجب

د = عدد درج أفق الراصد بالزائد (+) ان كان مرتفعاً وبالناقص (−) ان كان منخفضاً   ف = الفرق من ارتفاع وانخفاض الافق المقابل لخط العرض وميل الشمس في الجدول

غ = انحراف الشمس عند الغروب = غَ − د × ف   ش = انحراف الشمس عند الشروق = ٣٦٠° − [غَ − د × ف]

ميل	صفر°		+٢°		+٤°		+٦°		+٨°		+١٠°		+١٢°		+١٤°		+١٦°		+١٨°		+٢٠°		+٢٢°		+٢٤°	
خط عرض	غَ	ف	غَ	ف	غَ	ف	غَ	ف	غَ	ف	غَ	ف	غَ	ف	غَ	ف	غَ	ف	غَ	ف	غَ	ف	غَ	ف	غَ	ف
٠°	٩٠,٠	٠,٠٠	٩٢,٠	٠,٠٠	٩٤,٠	٠,٠٠	٩٦,٠	٠,٠٠	٩٨,٠	٠,٠٠	١٠٠,٠	٠,٠٠	١٠٢,٠	٠,٠٠	١٠٤,٠	٠,٠٠	١٠٦,٠	٠,٠٠	١٠٨,٠	٠,٠٠	١١٠,٠	٠,٠٠	١١٢,٠	٠,٠٠	١١٤,٠	٠,٠٠
٢°	٩٠,٠	٠,٠٣	٩٢,٠	٠,٠٤	٩٤,٠	٠,٠٣	٩٦,٠	٠,٠٤	٩٨,٠	٠,٠٤	١٠٠,٠	٠,٠٤	١٠٢,٠	٠,٠٤	١٠٤,٠	٠,٠٤	١٠٦,٠	٠,٠٤	١٠٨,٠	٠,٠٤	١١٠,٠	٠,٠٤	١١٢,٠	٠,٠٤	١١٤,٠	٠,٠٤
٤°	٩٠,١	٠,٠٧	٩٢,١	٠,٠٧	٩٤,١	٠,٠٧	٩٦,١	٠,٠٧	٩٨,١	٠,٠٧	١٠٠,١	٠,٠٧	١٠٢,١	٠,٠٧	١٠٤,١	٠,٠٧	١٠٦,١	٠,٠٧	١٠٨,١	٠,٠٧	١١٠,١	٠,٠٧	١١٢,١	٠,٠٨	١١٤,١	٠,٠٨
٦°	٩٠,١	٠,١١	٩٢,١	١,١١	٩٤,١	٠,١١	٩٦,١	٠,١١	٩٨,١	٠,١١	١٠٠,١	٠,١١	١٠٢,٢	٠,١١	١٠٤,٢	٠,١١	١٠٦,٢	٠,١١	١٠٨,٢	٠,١١	١١٠,٢	٠,١١	١١٢,٢	٠,١١	١١٤,٢	٠,١٢
٨°	٩٠,١	٠,١٤	٩٢,١	٠,١٤	٩٤,٢	٠,١٤	٩٦,٢	٠,١٤	٩٨,٢	٠,١٤	١٠٠,٢	٠,١٤	١٠٢,٢	٠,١٤	١٠٤,٣	٠,١٤	١٠٦,٣	٠,١٥	١٠٨,٣	٠,١٥	١١٠,٣	٠,١٥	١١٢,٤	٠,١٥	١١٤,٤	٠,١٥
١٠°	٩٠,١	٠,١٨	٩٢,٢	٠,١٨	٩٤,٢	٠,١٨	٩٦,٢	٠,١٨	٩٨,٣	٠,١٨	١٠٠,٣	٠,١٨	١٠٢,٣	٠,١٨	١٠٤,٤	٠,١٨	١٠٦,٤	٠,١٨	١٠٨,٤	٠,١٨	١١٠,٥	٠,١٩	١١٢,٥	٠,١٩	١١٤,٦	٠,١٩
١٢°	٩٠,٢	٠,٢١	٩٢,٢	٠,٢١	٩٤,٣	٠,٢١	٩٦,٣	٠,٢١	٩٨,٤	٠,٢١	١٠٠,٤	٠,٢٢	١٠٢,٥	٠,٢٢	١٠٤,٥	٠,٢٢	١٠٦,٦	٠,٢٢	١٠٨,٦	٠,٢٢	١١٠,٧	٠,٢٣	١١٢,٧	٠,٢٣	١١٤,٨	٠,٢٣
١٤°	٩٠,٢	٠,٢٥	٩٢,٣	٠,٢٥	٩٤,٣	٠,٢٥	٩٦,٤	٠,٢٥	٩٨,٥	٠,٢٥	١٠٠,٥	٠,٢٥	١٠٢,٦	٠,٢٦	١٠٤,٧	٠,٢٦	١٠٦,٧	٠,٢٦	١٠٨,٨	٠,٢٦	١١٠,٩	٠,٢٧	١١٣,٠	٠,٢٧	١١٥,٠	٠,٢٧
١٦°	٩٠,٢	٠,٢٩	٩٢,٣	٠,٢٩	٩٤,٤	٠,٢٩	٩٦,٥	٠,٢٩	٩٨,٦	٠,٢٩	١٠٠,٧	٠,٢٩	١٠٢,٧	٠,٢٩	١٠٤,٨	٠,٣٠	١٠٦,٩	٠,٣٠	١٠٩,٠	٠,٣٠	١١١,١	٠,٣١	١١٣,٢	٠,٣١	١١٥,٣	٠,٣٢
١٨°	٩٠,٣	٠,٣٣	٩٢,٤	٠,٣٣	٩٤,٥	٠,٣٣	٩٦,٦	٠,٣٣	٩٨,٧	٠,٣٣	١٠٠,٨	٠,٣٣	١٠٢,٩	٠,٣٣	١٠٥,٠	٠,٣٤	١٠٧,١	٠,٣٤	١٠٩,٢	٠,٣٤	١١١,٤	٠,٣٥	١١٣,٥	٠,٣٥	١١٥,٦	٠,٣٦
٢٠°	٩٠,٣	٠,٣٦	٩٢,٤	٠,٣٦	٩٤,٦	٠,٣٧	٩٦,٧	٠,٣٧	٩٨,٨	٠,٣٧	١٠١,٠	٠,٣٧	١٠٣,١	٠,٣٧	١٠٥,٢	٠,٣٨	١٠٧,٤	٠,٣٨	١٠٩,٥	٠,٣٩	١١١,٧	٠,٣٩	١١٣,٨	٠,٤٠	١١٦,٠	٠,٤٠
٢٢°	٩٠,٣	٠,٤٠	٩٢,٥	٠,٤٠	٩٤,٧	٠,٤١	٩٦,٨	٠,٤١	٩٩,٠	٠,٤١	١٠١,١	٠,٤١	١٠٣,٣	٠,٤١	١٠٥,٥	٠,٤٢	١٠٧,٦	٠,٤٢	١٠٩,٨	٠,٤٣	١١٢,٠	٠,٤٣	١١٤,٢	٠,٤٤	١١٦,٤	٠,٤٥
٢٤°	٩٠,٤	٠,٤٥	٩٢,٦	٠,٤٥	٩٤,٨	٠,٤٥	٩٦,٩	٠,٤٥	٩٩,١	٠,٤٥	١٠١,٣	٠,٤٥	١٠٣,٥	٠,٤٦	١٠٥,٧	٠,٤٦	١٠٧,٩	٠,٤٧	١١٠,٢	٠,٤٧	١١٢,٤	٠,٤٨	١١٤,٦	٠,٤٩	١١٦,٩	٠,٥٠
٢٦°	٩٠,٤	٠,٤٩	٩٢,٦	٠,٤٩	٩٤,٩	٠,٤٩	٩٧,١	٠,٤٩	٩٩,٣	٠,٤٩	١٠١,٦	٠,٥٠	١٠٣,٨	٠,٥٠	١٠٦,٠	٠,٥١	١٠٨,٣	٠,٥١	١١٠,٥	٠,٥٢	١١٢,٨	١,٥٣	١١٥,٠	٠,٥٤	١١٧,٤	٠,٥٥
٢٨°	٩٠,٤	٠,٥٣	٩٢,٨	٠,٥٣	٩٥,٠	٠,٥٣	٩٧,٢	٠,٥٤	٩٩,٥	٠,٥٤	١٠١,٨	٠,٥٤	١٠٤,١	٠,٥٥	١٠٦,٤	٠,٥٥	١٠٨,٧	٠,٥٦	١١١,٠	٠,٥٧	١١٣,٣	٠,٥٨	١١٥,٦	٠,٥٩	١١٧,٩	٠,٦٠
٣٠°	٩٠,٥	٠,٥٨	٩٢,٩	٠,٥٨	٩٥,١	٠,٥٨	٩٧,٤	٠,٥٨	٩٩,٧	٠,٥٨	١٠٢,١	٠,٥٩	١٠٤,٤	٠,٥٩	١٠٦,٧	٠,٦٠	١٠٩,١	٠,٦١	١١١,٤	٠,٦٢	١١٣,٨	٠,٦٣	١١٦,٢	٠,٦٤	١١٨,٦	٠,٦٥
٣٢°	٩٠,٥	٠,٦٢	٩٢,٩	٠,٦٣	٩٥,٢	٠,٦٣	٩٧,٦	٠,٦٣	١٠٠,٠	٠,٦٣	١٠٢,٣	٠,٦٤	١٠٤,٧	٠,٦٤	١٠٧,١	٠,٦٥	١٠٩,٥	٠,٦٦	١١١,٩	٠,٦٧	١١٤,٤	٠,٦٨	١١٦,٩	٠,٧٠	١١٩,٣	٠,٧١
٣٤°	٩٠,٦	٠,٦٧	٩٣,٠	٠,٦٨	٩٥,٤	٠,٦٨	٩٧,٨	٠,٦٨	١٠٠,٢	٠,٦٨	١٠٢,٧	٠,٦٩	١٠٥,١	٠,٧٠	١٠٧,٦	٠,٧١	١١٠,٠	٠,٧٢	١١٢,٥	٠,٧٣	١١٥,٠	٠,٧٤	١١٧,٥	٠,٧٦	١٢٠,٠	٠,٧٧
٣٦°	٩٠,٦	٠,٧٣	٩٣,١	٠,٧٣	٩٥,٦	٠,٧٣	٩٨,٠	٠,٧٣	١٠٠,٥	٠,٧٤	١٠٣,٠	٠,٧٤	١٠٥,٥	٠,٧٥	١٠٨,٠	٠,٧٦	١١٠,٦	٠,٧٧	١١٣,١	٠,٨٠	١١٥,٧	٠,٨٠	١١٨,٣	٠,٨٢	١٢٠,٩	٠,٨٤
٣٨°	٩٠,٧	٠,٧٨	٩٣,٢	٠,٧٨	٩٥,٧	٠,٧٨	٩٨,٣	٠,٧٩	١٠٠,٩	٠,٧٩	١٠٣,٤	٠,٨٠	١٠٦,٠	٠,٨١	١٠٨,٦	٠,٨٢	١١١,٢	٠,٨٣	١١٣,٨	٠,٨٥	١١٦,٥	٠,٨٧	١١٩,٢	٠,٨٩	١٢١,٨	٠,٩٢
٤٠°	٩٠,٧	٠,٨٤	٩٣,٣	٠,٨٤	٩٥,٩	٠,٨٤	٩٨,٥	٠,٨٥	١٠١,٢	٠,٨٥	١٠٣,٨	٠,٨٦	١٠٦,٥	٠,٨٧	١٠٩,١	٠,٨٨	١١١,٨	٠,٩٠	١١٤,٦	٠,٩٢	١١٧,٣	٠,٩٤	١٢٠,١	٠,٩٦	١٢٢,٩	٠,٩٩
٤٢°	٩٠,٨	٠,٩٠	٩٣,٤	٠,٩٠	٩٦,١	٠,٩٠	٩٨,٨	٠,٩١	١٠١,٦	٠,٩٢	١٠٤,٣	٠,٩٣	١٠٧,٠	٠,٩٤	١٠٩,٨	٠,٩٥	١١٢,٦	٠,٩٧	١١٥,٤	٠,٩٩	١١٨,٢	١,٠١	١٢١,١	١,٠٤	١٢٤,١	١,٠٨
٤٤°	٩٠,٨	٠,٩٧	٩٣,٦	٠,٩٧	٩٦,٤	٠,٩٧	٩٩,٢	٠,٩٨	١٠٢,٠	٠,٩٨	١٠٤,٨	١,٠٠	١٠٧,٦	١,٠١	١١٠,٥	١,٠٣	١١٣,٤	١,٠٥	١١٦,٣	١,٠٧	١١٩,٣	١,١٠	١٢٢,٣	١,١٣	١٢٥,٤	١,١٧

جدول انحراف الشمس بالدرج عند الغروب والشروق عن خط الشمال عن الجنوب غربا

ميل الشمس بالسالب

د = عدد درج أفق الراصد بالزائد (+) ان كان مرتفعاً وبالناقص (−) ان كان منخفضاً   ف = الفرق من ارتفاع وانخفاض الافق المقابل لخط العرض وميل الشمس فى الجدول

غ = انحراف الشمس عند الغروب = غَ − دَ × ف   ش = انحراف الشمس عند الشروق = ٣٦٠° − [غَ − د × ف]

ميل	صفر°		−٢°		−٤°		−٦°		−٨°		−١٠°		−١٢°		−١٤°		−١٦°		−١٨°		−٢٠°		−٢٢°		−٢٤°	
خط عرض	غَ	ف	غَ	ف	غَ	ف	غَ	ف	غَ	ف	غَ	ف	غَ	ف	غَ	ف	غَ	ف	غَ	ف	غَ	ف	غَ	ف	غَ	ف
٠°	٩٠٫٠	٠٫٠٠	٨٨٫٢	٠٫٠٠	٨٦٫١	٠٫٠٠	٨٤٫١	٠٫٠٠	٨٢٫٠	٠٫٠٠	٨٠٫٠	٠٫٠٠	٧٨٫٠	٠٫٠٠	٧٦٫٠	٠٫٠٠	٧٤٫٠	٠٫٠٠	٧٢٫٠	٠٫٠٠	٧٠٫٠	٠٫٠٠	٦٨٫٠	٠٫٠٠	٦٦٫٠	٠٫٠٠
٢°	٩٠٫٠	٠٫٠٣	٨٨٫٢	٠٫٠٣	٨٦٫١	٠٫٠٤	٨٤٫١	٠٫٠٤	٨٢٫٠	٠٫٠٤	٨٠٫٠	٠٫٠٤	٧٨٫٠	٠٫٠٤	٧٦٫٠	٠٫٠٤	٧٤٫٠	٠٫٠٤	٧٢٫٠	٠٫٠٤	٧٠٫٠	٠٫٠٤	٦٨٫٠	٠٫٠٤	٦٦٫٠	٠٫٠٤
٤°	٩٠٫١	٠٫٠٧	٨٨٫٢	٠٫٠٧	٨٦٫١	٠٫٠٧	٨٤٫١	٠٫٠٧	٨٢٫٠	٠٫٠٧	٨٠٫٠	٠٫٠٧	٧٨٫٠	٠٫٠٧	٧٦٫٠	٠٫٠٧	٧٤٫٠	٠٫٠٧	٧٢٫٠	٠٫٠٧	٧٠٫٠	٠٫٠٧	٦٨٫٠	٠٫٠٧	٦٦٫٠	٠٫٠٨
٦°	٩٠٫١	٠٫١١	٨٨٫٢	٠٫١١	٨٦٫١	٠٫١١	٨٤٫١	٠٫١١	٨٢٫٠	٠٫١١	٨٠٫٠	٠٫١١	٧٨٫٠	٠٫١١	٧٦٫٠	٠٫١١	٧٤٫٠	٠٫١١	٧٢٫٠	٠٫١١	٧٠٫٠	٠٫١١	٦٨٫٠	٠٫١١	٦٦٫٠	٠٫١٢
٨°	٩٠٫١	٠٫١٤	٨٨٫٢	٠٫١٤	٨٦٫١	٠٫١٤	٨٤٫١	٠٫١٤	٨٢٫٠	٠٫١٤	٨٠٫٠	٠٫١٤	٧٨٫٠	٠٫١٤	٧٦٫٠	٠٫١٤	٧٤٫٠	٠٫١٥	٧١٫٩	٠٫١٥	٦٩٫٩	٠٫١٥	٦٧٫٩	٠٫١٥	٦٥٫٩	٠٫١٥
١٠°	٩٠٫١	٠٫١٨	٨٨٫٢	٠٫١٨	٨٦٫١	٠٫١٨	٨٤٫١	٠٫١٨	٨٢٫٠	٠٫١٨	٨٠٫٠	٠٫١٨	٧٨٫٠	٠٫١٨	٧٥٫٩	٠٫١٨	٧٣٫٩	٠٫١٨	٧١٫٩	٠٫١٩	٦٩٫٨	٠٫١٩	٦٧٫٨	٠٫١٩	٦٥٫٨	٠٫١٩
١٢°	٩٠٫٢	٠٫٢١	٨٨٫٢	٠٫٢١	٨٦٫١	٠٫٢١	٨٤٫٠	٠٫٢١	٨٢٫٠	٠٫٢١	٨٠٫٠	٠٫٢٢	٧٧٫٩	٠٫٢٢	٧٥٫٩	٠٫٢٢	٧٣٫٨	٠٫٢٢	٧١٫٨	٠٫٢٢	٦٩٫٧	٠٫٢٢	٦٧٫٧	٠٫٢٣	٦٥٫٦	٠٫٢٣
١٤°	٩٠٫٢	٠٫٢٥	٨٨٫٢	٠٫٢٥	٨٦٫١	٠٫٢٥	٨٤٫٠	٠٫٢٥	٨٢٫٠	٠٫٢٥	٧٩٫٩	٠٫٢٥	٧٧٫٨	٠٫٢٦	٧٥٫٨	٠٫٢٦	٧٣٫٧	٠٫٢٦	٧١٫٦	٠٫٢٦	٦٩٫٦	٠٫٢٦	٦٧٫٥	٠٫٢٧	٦٥٫٤	٠٫٢٧
١٦°	٩٠٫٢	٠٫٢٩	٨٨٫٢	٠٫٢٩	٨٦٫١	٠٫٢٩	٨٤٫٠	٠٫٢٩	٨١٫٩	٠٫٢٩	٧٩٫٨	٠٫٢٩	٧٧٫٨	٠٫٢٩	٧٥٫٧	٠٫٣٠	٧٣٫٦	٠٫٣٠	٧١٫٥	٠٫٣٠	٦٩٫٤	٠٫٣٠	٦٧٫٣	٠٫٣١	٦٥٫٢	٠٫٣٢
١٨°	٩٠٫٣	٠٫٣٣	٨٨٫٢	٠٫٣٣	٨٦٫١	٠٫٣٣	٨٤٫٠	٠٫٣٣	٨١٫٩	٠٫٣٣	٧٩٫٧	٠٫٣٣	٧٧٫٦	٠٫٣٣	٧٥٫٥	٠٫٣٤	٧٣٫٤	٠٫٣٤	٧١٫٣	٠٫٣٤	٦٩٫٢	٠٫٣٤	٦٧٫١	٠٫٣٥	٦٥٫٠	٠٫٣٦
٢٠°	٩٠٫٣	٠٫٣٦	٨٨٫٢	٠٫٣٦	٨٦٫٠	٠٫٣٧	٨٣٫٩	٠٫٣٧	٨١٫٨	٠٫٣٧	٧٩٫٥	٠٫٣٧	٧٧٫٥	٠٫٣٧	٧٥٫٤	٠٫٣٨	٧٣٫٢	٠٫٣٨	٧١٫١	٠٫٣٩	٦٩٫٠	٠٫٣٩	٦٦٫٨	٠٫٤٠	٦٤٫٧	٠٫٤٠
٢٢°	٩٠٫٣	٠٫٤٠	٨٨٫٢	٠٫٤٠	٨٦٫٠	٠٫٤١	٨٣٫٨	٠٫٤١	٨١٫٧	٠٫٤١	٧٩٫٤	٠٫٤١	٧٧٫٤	٠٫٤١	٧٥٫٢	٠٫٤٢	٧٣٫١	٠٫٤٢	٧٠٫٩	٠٫٤٣	٦٨٫٧	٠٫٤٣	٦٦٫٥	٠٫٤٤	٦٤٫٤	٠٫٤٥
٢٤°	٩٠٫٤	٠٫٤٥	٨٨٫٢	٠٫٤٥	٨٦٫٠	٠٫٤٥	٨٣٫٧	٠٫٤٥	٨١٫٦	٠٫٤٥	٧٩٫٣	٠٫٤٥	٧٧٫٢	٠٫٤٦	٧٥٫٠	٠٫٤٦	٧٢٫٨	٠٫٤٧	٧٠٫٦	٠٫٤٧	٦٨٫٤	٠٫٤٨	٦٦٫٢	٠٫٤٩	٦٤٫٠	٠٫٥٠
٢٦°	٩٠٫٤	٠٫٤٩	٨٨٫٢	٠٫٤٩	٨٦٫٠	٠٫٤٩	٨٣٫٦	٠٫٤٩	٨١٫٥	٠٫٤٩	٧٩٫١	٠٫٥٠	٧٧٫١	٠٫٥٠	٧٤٫٨	٠٫٥١	٧٢٫٦	٠٫٥١	٧٠٫٣	٠٫٥٢	٦٨٫١	٠٫٥٣	٦٥٫٨	٠٫٥٤	٦٣٫٦	٠٫٥٥
٢٨°	٩٠٫٤	٠٫٥٣	٨٨٫٢	٠٫٥٣	٨٥٫٩	٠٫٥٣	٨٣٫٤	٠٫٥٤	٨١٫٤	٠٫٥٤	٧٨٫٩	٠٫٥٤	٧٦٫٨	٠٫٥٥	٧٤٫٦	٠٫٥٥	٧٢٫٣	٠٫٥٦	٧٠٫٠	٠٫٥٧	٦٧٫٧	٠٫٥٨	٠٥٫٤	٠٫٥٩	٦٢٫١	٠٫٦٠
٣٠°	٩٠٫٥	٠٫٥٨	٨٨٫٢	٠٫٥٨	٨٥٫٩	٠٫٥٨	٨٣٫٣	٠٫٥٨	٨١٫٢	٠٫٥٨	٧٨٫٧	٠٫٥٩	٧٦٫٦	٠٫٥٩	٧٤٫٣	٠٫٦٠	٧١٫٩	٠٫٦١	٦٩٫٦	٠٫٦٢	٦٧٫٢	٠٫٦٣	٦٤٫٩	٠٫٦٤	٦١٫٩	٠٫٦٥
٣٢°	٩٠٫٥	٠٫٦٢	٨٨٫٢	٠٫٦٣	٨٥٫٨	٠٫٦٣	٨٣٫٤	٠٫٦٣	٨١٫١	٠٫٦٣	٧٨٫٧	٠٫٦٤	٧٦٫٣	٠٫٦٤	٧٤٫٠	٠٫٦٥	٧١٫٦	٠٫٦٦	٦٩٫٢	٠٫٦٧	٦٦٫٨	٠٫٦٨	٦٤٫٤	٠٫٧٠	٦١٫٩	٠٫٧١
٣٤°	٩٠٫٦	٠٫٦٧	٨٨٫٢	٠٫٦٨	٨٥٫٧	٠٫٦٨	٨٣٫٣	٠٫٦٨	٨٠٫٩	٠٫٦٨	٧٨٫٥	٠٫٦٩	٧٦٫١	٠٫٧٠	٧٣٫٦	٠٫٧١	٧١٫٢	٠٫٧٢	٦٨٫٧	٠٫٧٣	٦٦٫٣	٠٫٧٤	٦٣٫٨	٠٫٧٦	٦١٫٣	٠٫٧٧
٣٦°	٩٠٫٦	٠٫٧٣	٨٨٫٢	٠٫٧٣	٨٥٫٧	٠٫٧٣	٨٣٫٢	٠٫٧٣	٨٠٫٧	٠٫٧٤	٧٨٫٢	٠٫٧٤	٧٥٫٧	٠٫٧٥	٧٣٫٢	٠٫٧٦	٧٠٫٧	٠٫٧٧	٦٨٫٢	٠٫٨٠	٦٥٫٧	٠٫٨٠	٦٣٫١	٠٫٨٢	٦٠٫٥	٠٫٨٤
٣٨°	٩٠٫٧	٠٫٧٨	٨٨٫١	٠٫٧٨	٨٥٫٦	٠٫٧٨	٨٣٫٠	٠٫٧٩	٨٠٫٤	٠٫٧٩	٧٧٫٩	٠٫٨٠	٧٥٫٤	٠٫٨١	٧٢٫٨	٠٫٨٢	٧٠٫٢	٠٫٨٣	٦٧٫٦	٠٫٨٥	٦٥٫٠	٠٫٨٧	٦٢٫٣	٠٫٨٩	٥٩٫٧	٠٫٩٢
٤٠°	٩٠٫٧	٠٫٨٤	٨٨٫١	٠٫٨٤	٨٥٫٥	٠٫٨٤	٨٢٫٩	٠٫٨٥	٨٠٫٢	٠٫٨٥	٧٧٫٦	٠٫٨٦	٧٥٫٠	٠٫٨٧	٧٢٫٣	٠٫٨٨	٦٩٫٦	٠٫٩٠	٦٦٫٩	٠٫٩٢	٦٤٫٣	٠٫٩٤	٦١٫٥	٠٫٩٦	٥٨٫٨	٠٫٩٩
٤٢°	٩٠٫٨	٠٫٩٠	٨٨٫١	٠٫٩٠	٨٥٫٤	٠٫٩٠	٨٢٫٧	٠٫٩١	٨٠٫٠	٠٫٩٢	٧٧٫٣	٠٫٩٣	٧٤٫٥	٠٫٩٤	٧١٫٨	٠٫٩٥	٦٩٫٠	٠٫٩٧	٦٦٫٣	٠٫٩٩	٦٣٫٤	١٫٠١	٦٠٫٦	١٫٠٤	٥٧٫٧	١٫٠٨
٤٤°	٩٠٫٨	٠٫٩٧	٨٨٫٠	٠٫٩٧	٨٥٫٢	٠٫٩٧	٨٢٫٥	٠٫٩٨	٧٩٫٧	٠٫٩٨	٧٦٫٩	١٫٠٠	٧٤٫٠	١٫٠١	٧١٫٢	١٫٠٣	٦٨٫٣	١٫٠٥	٦٥٫٤	١٫٠٧	٦٢٫٥	١٫١٠	٥٩٫٦	١٫١٣	٥٦٫٥	١٫١٧

الفصل العاشر

مواقيت الصلاة الاسلامية

(١) الصبح : (١) ويبدأ عند الفجر الحقيقى ويمتد الى ما قبل شروق الشمس وهو عبارة عن أول ظهور الحافة العليا لقرص الشمس فوق الافق — والفجر الحقيقى أو الصادق يميز عن الفجر الوهمى أو الكاذب بأنه ينتشر على جميع أنحاء الافق ولكن الاخير يظهر رأسياً ثم يختفى

(٢) الظهر . ويبدأ بمرور الشمس على خط الزوال ويمتد الى ما قبل العصر (وهو منتصف بعد الظهر)

(٣) العصر (أو منتصف بعد الظهر) وهو عند الامام أبو حنيفة رضى الله عنه الوقت الذى فيه طول ظل الشاخص الرأسى يساوى طول الظل للشاخص نفسه عند الظهر مضافاً اليه ضعف ارتفاعه

وعند الامام الشافعى رضى الله عنه وهو ما اعتمدته (وزارة الاوقاف) هو الوقت الذى فيه طول ظل الشاخص الرأسى يساوى طول ظل الشاخص نفسه عند الظهر مضافاً لطوله الحقيقى .

ووقته يبدأ كما توضح ويمتد الى ما قبل الغروب وهو عبارة عن الاختفاء التام لقرص الشمس تحت الافق — ويقسم العصر الى شطرين أحدهما العصر الاول والآخر العصر الثانى

(٤) المغرب ويبدأ عند غروب الشمس ويمتد الى أن يتلاشى الشفق الاحمر

(٥) العشاء ويبدأ عند تلاشى الشفق الاحمر ويمتد الى الفجر الحقيقى

صلاة العيدين

يبدأ عند ما يكون ارتفاع الشمس بمقدار رمح وهو الرأى المعتمد فى القطر المصرى — وعند الامام أبو حنيفة رضى الله عنه يقدر الارتفاع برمحين — الرمح (٥°) قوسية

مجمل عن حساب أوقات الصلاة

الشروق والغروب الظاهريان

يحسب نصف القوس اليومى من المثلث الكرى الذى ضلعه (١) متمم خط عرض المكان (٢) والبعد القطبى الشمالى للشمس (٣) والبعد السمتى للشمس

أما البعد السمتى لمركز الشمس = ٩٠° + نصف قطر قرص الشمس + تأثير انكسار الضوء على الأفق ومعادلته هى

جتا (البعد السمتى) = جا (الميل) جا (خط العرض) + جتا (الميل) جتا (خط العرض) جتا (الزاوية السويعية) . . . . (١)

وهذه المعادلة تعطى الوقت من الظهر الظاهرى الى غروب الشمس وعند ما يطرح من ٢٤ ساعة ينتج الوقت الفلكى الظاهرى ويمكن تحويله الى وقت عربى بطرح نصف القوس اليومى أو الى وقت عرفى (أفرنجى) باضافة (معادلة الوقت)

حساب صلاة العصر

لايجاد وقت صلاة العصر يجب أن نجد البعد السمتى للشمس عند الظهر وهو عبارة عن خط العرض مضافاً الى أو مطروحاً من ميل الشمس حسبما تكون

شمال أو جنوب خط الاستواء ومتى علم ذلك أمكن عمل حساب البعد السمتى للشمس عند العصر الاول أو الثانى

ظل (البعد السمتى) للعصر الاول = ١ + ظل (خط العرض — الميل)

أو للعصر الثانى = ١ + ٢ظل (خط العرض — الميل)

أما الزاوية السويعية للشمس فيمكن حسابها من واقع المثلث الكرى كما توضح سابقاً بالمعادلة (١) صفحة ١٠٦

حساب صلاة العشاء

اختلفت الآراء فى زاوية انخفاض مركز الشمس تحت الافق الذى عند بلوغها يتلاشى ضوء الشفق الاحمر فالبعض يأخذ ١٧ درجة والبعض يأخذ ١٨ درجة ولذا اتبع فى حساب نتائج المساحة (٣٠َ ١٧°) وصار اعتماده من وزارة الأوقاف وعليه يكون البعد السمتى لمركز الشمس هى (٣٠َ ١٠٧°) الذى يتخذ أساساً لحساب الوقت الظاهرى لصلاة العشاء وأقصى فرق بين الحدين أعنى من أخذ ١٧° درجة أو ١٨° درجة عما تأخذه المساحة فى حسابها هو ٣ ثلاث دقائق

صلاة الفجر

مختلف فيها حيث يعتبر بعض العارفين أن ظهور الفجر الحقيقى يبتدئ عند ما يكون مركز الشمس ١٩° درجة تحت الأفق والبعض يقول بأن المقدار هو (٢٠) درجة واتخذت المساحة (٣٠َ ١٩°) اعنى أن البعد السمتى ٣٠َ ١٠٩° والوقت الظاهرى هو حسب المعادلة (١) بالصفحة ١٠٦

صلاة العيدين

يبدأ وقت الصلاة عند ما تكون الشمس ٥ درجات فوق الافق ولكن نظراً للانكسار الضوئى تكون حقيقة مركز الشمس بقدر (٥٠َ ٤°) وعليه يكون البعد السمتى ١٠َ ٨٥°) والحساب هو كما سبق ايضاحه

جداول غروب الشمس والقمر وشروقهما

يصدر سنوياً التقويم الفلكى البحرى الامريكى

The American Ephemeris and Nautical Almanac. Washington —Government Printing Office. (Price one dollar)

قبل الميعاد بسنتين و به جداول غروب الشمس والقمر وشروقهما بالوقت المدنى المحلى عن حافة قرص الشمس والقمر العليا و به أيضاً نهاية الشفق مساء و بدايته صباحاً على خط زوال غرينتش عن كل يوم من السنة وعلى خطوط العرض المبينة بعد وهى :

صفر و ١٠° و ٢٠° و ٣٠° و ٣٥° و ٤٠° و ٤٥° و ٥٠° و ٥٢° و ٥٤° و ٥٦° و ٥٨° و ٦٠°

الوقت الأساسى فى لحظة الغروب أو الشروق من التقويم أعلاه

يضاف فرق خط الطول بين خط الطول الأساسى وخط طول الراصد ان كان غرباً بالدقائق الزمنية الى الوقت المحلى

و يطرح هذا الفرق من الوقت المحلى ان كان الراصد شرقاً من خط الطول الاساسى ومتى تحدد وقت الغروب والشروق للشمس أمكن ايجاد الميل المقابل [١] فى هذه الاوقات لاستعماله فى ايجاد انحراف الشمس عند الغروب والشروق عن خط الشمال من الجداول كما توضح فى صفحة ١٠٢ و ١٠٣

---

(١) من جداول الميل للشمس (عبادى) بمجلة الهندسة يونيو سنة ١٩٣١

ميقات الغروب والشروق للكواكب والنجوم :

ليس ايجاد الوقت للغروب أو الشروق من الطرق الدقيقة لتعيين الوقت (الزمن) نظرا للشك فى حقيقة قدر انكسار الضوء على الافق .

والمعادلة القصيرة عن ميقات الغروب أو الشروق

هى : — جتا (الزاوية السويعية)

= — ظا (الميل) ظا (خط العرض)

والزاوية السويعية تمثل الوقت الشمسى الظاهرى فى حالة الشمس اما فى حالة النجوم فهى الوقت النجمى .

ولا تشمل هذه المعادلة تأثير الانكسار الضوئى البالغ ٣٦َ على الافق ومعنى ذلك ان النجوم عندما تظهر على الافق هى فى الحقيقة ٣٦َ قوسية تحت الافق .

مثل للتطبيق :

ما هو ميقات الغروب والشروق للقمر فى الخرطوم فى أول يناير سنة ١٩٣٢

خط العرض (للخرطوم) ٣٦َ ١٥° شمالا

خط الطول (للخرطوم) ٣٢َ ٣٢° شرقا

الميل (للقمر) = — ١٤ ٥°

جتا (الزاوية السويعية)

= — ظا (الميل) ظا (خط العرض)

لوظا ٣٦َ ١٥° = ١ر٤٤٥٩٢٣٢

لوظا ١٤َ ٥° = ٢ر٩٦١٨٦٥٩

لوجتا الزاوية السويعية = ٢ر٤٠٧٧٨٩١

	ساعات	ق	ثانية
الزاوية السويعية = ٦ر٣٢٠٤َ ٨٨° =	٥	٥٤	٨ر٣٠
لموازنة النقص من الانكسار الخ ضف $\frac{1}{٣٢}$ من قيمة الزاوية السويعية ٨ر٣٠ ٥٤ ٥ = +		١٢	
الزاوية السويعية بعد التصحيح	٦	٠٦	٨ر٣٠

صفحة ١٢٦ من التقويم الفلكى البحرى سنة ١٩٣٢ تعطى وقت المرور العلوى للقمر — ساعات ٦ ، ق ٤ر٣

الاختلاف فى الساعة ١ر٩٩ دقيقة يؤخذ (٢ ق)

الفرق فى الوقت بين الخرطوم وغيرنتش ٣٢َ ٣٢° = ٢ر١٧ ساعة يؤخذ (٢ر٢) ساعة

الاختلاف فى المدة ٢ر٢ ساعة × ٢ ق = — ٤ر٤

وقت مرور القمر على خط زوال الخرطوم ٥ ٥٩ر٩

الفرق من الوقت الأساسى — ١٠ر١ *

مرور القمر على خط زوال الخرطوم (وقت أساسى) ٥ ٤٩ر٨

الزاوية السويعية (±) ٦ ٠٦ر٠

(١) وقت شروق القمر ٢٣ ٤٣ر٨

(٢) وقت شروق القمر يوم ٣١ ديسمبر سنة ١٩٣١ ٨ر٤٣ ١١ مساء

(٣) وقت غروب القمر يوم أول يناير سنة ١٩٣٢ ٨ر٥٥ ١١ صباحاً

* ١٧ر٢ س — ٢ س = ١٧ر × ٦٠ دقيقة = ١٠ر٢

(ملحوظة)

(١) يضاف (٢٤) ساعة لساعة المرور على خط الزوال بالخرطوم وتطرح الزاوية السويعية منه للحصول على وقت الشروق

(٢) وتبقى ساعة المرور على خط الزوال بالخرطوم على أصلها و يضاف اليها الزاوية السويعية للحصول على وقت الغروب .

يمكن حساب شروق وغروب الشمس والقمر بطريقة أدق من الطريقة الأولى بحل مثلث كرى يتكون من :

(١) البعد السمتى أو متمم الارتفاع = س

(٢) متمم خط العرض = ع

(٣) متمم الميل أو البعد القطبى = ق

∴ يكون نصف مجموع هذه المقادير = $\frac{\text{س} + \text{ع} + \text{ق}}{٢}$ = جـ

والمعادلة هى :

$$\text{ظا } \tfrac{1}{2} \text{ الزاوية السويعية} = \sqrt{\frac{\text{جا (جـ — متمم خط العرض) جا (جـ — متمم الميل)}}{\text{جا (جـ) جا (جـ — البعد السمتى)}}}$$

البعد السمتى فى الشروق والغروب = 90° + نصف قطر الشمس أوالقمر + الانكسار الضوئى — اختلاف المنظر (Parallax) وتستعمل هذه المعادلة على شكل استمارة بمصلحة المساحة المصرية لايجاد غروب الشمس والقمر حتى يعرف أوائل الشهور العربية وعند ما يغرب القمر بعد الشمس يستدل منه عن أول الشهر القمرى أو العربى .

التحقق من أول السنة الهجرية ١٣٥٠ بواسطة حساب غروب القمر والشمس بمصر بالطريقة الموضحة أدناه

يقع أول السنة الهجرية ١٣٥٠ يوم ١٧ مايو سنة ١٩٣١ بالحساب حسب المعادلة القصيرة السابقة (صفحة ١٠٩)

غروب القمر فى ١٧ مايو سنة ١٩٣١ Moenset

ميعاد غروب القمر بالمعادلة القصيرة السابقة يكون فى الساعة السادسة والدقيقة الرابعة والأربعين وفرق الوقت بين القاهرة وغرينتش ساعتان فيكون وقت الغروب عند غرينتش — الساعة الرابعة والدقيقة الرابعة والاربعين بعد الظهر أى الساعة السادسة عشر والدقيقة الرابعة والاربعين من منتصف الليل وهو أول اليوم الفلكى

حساب الصعود المستقيم للقمر فى ١٧ مايو سنة ١٩٣١ عند الغروب

يعطى التقويم الفلكى البحرى (صفحة ١٠٦ يوم ١٧ مايو سنة١٩٣١)

الساعة	الصعود المستقيم (ساعة ق ثانية)	التغيير فى الساعة
١٧	٣ ٣٣ ٣١و١٤	٢و١٩٧٦ ثانية
١٦	٣ ٣١ ١٩و٤٩	٢و١٩٠٨ ثانية

المتوسط ٢و١٩٤٢ ثانية

ق ثانية

٢و١٩٤٢ × ٤٤ = ٩٦و٥٤٤٨ ثانية = ١ ٣٦ر٥٤

ق ت

إذن يكون الصعود المستقيم عند الغروب = ١ ٣٦ر٥٤ +

ساعة ق ت ساعة ق ت

٣ ٣١ ١٩ر٤٩ يساوى ٣ ٣٢ ٥٦ر٠٣

حساب ميل القمر عند الغروب فى يوم ١٧ مايو سنة ١٩٣١

يعطى التقويم الفلكى البحرى (صفحة ١٠٦)

الساعة	الميــــــل	تغيير الميل فى الساعة
١٧	٥و١٧ً ٤٨َ ٢٢°	+ ٦٠٣و٩ً
١٦	١و٣٨ً ٣٨َ ٢٢°	+ ٧٠٩و٩ً
	المتوسط	٩ر٦٥٦ً

ثانية

٩ر٦٥٦ً × ٤٤ = ٤٢٤ر٨٦٤ً = ٨٦٤و٤ً ٧َ

ميل القمر ساعة الغروب = ١ و ٣٨ً ٣٨َ ٢٢° + ٤ر٨٦٤ً ٧َ

= ٤٢ر٩٦٤ً ٤٥َ ٢٢°

حساب البعد السمتى للقمر عند الغروب

التقويم الفلكى النجمى صفحة ٦٢ يعطى

نصـــــف القطر	التــــــــــاريخ
٧٩و١٣ً ١٥َ	٥ و ١٧ مايو سنة ١٩٣١
٩٥و١٧ً ١٥َ	٠ و ١٨ مايو سنة ١٩٣١

الفرق بين ٩٥ر١٧ً — ٧٩ر١٣ً = ١٦ر٤ً فى ١٢ ساعة

$$\frac{\text{١٦و٤ً} \times \text{٤} \frac{\text{٤}}{\text{٤}} \text{ ساعة}}{\text{١٢ ساعة}} = \text{٦٤٠٨و١ً}$$

٥ و ١٧ مايوسنة ١٩٣١ ٧٩و١٣ً ١٥َ نصف القطر للقمر

× ٦٤ و١ً الفرق عن الساعات للغروب

٤٣ و١٥ً ١٥َ نصف قطر القمر عند الغروب

(٢) اختلاف المنظر

تعطى الصفحة ٦٢ من التقويم الفلكى البحرى البيان الآتى : —

اليوم	اختلاف المنظر (Parallax)	التغيير فى الساعة
مايو ٥ و ١٧	٧٤ و ٥٣ ٥٥	+ ٢٦٢ و ١
مايو ٠٠ و ١٨	٠٠ و ٠٩ ٥٦	+ ٢٨٠ و ١
		+ ٢٧١ و ١

١٫٢٧١ × [٤٤ / ٦٠] ٤ = ٠١٦ و ٦

اختلاف المنظر للقمر عند ساعة الغروب هو ٥٣٫٧٤ ٥٥ + ٦٫٠٢
= ٥٩٫٧٦ ٥٥

(٣) الانكسار الضوئى من شفونيه على الأفق ٠٠ و ٢٩ ٣٦

فيكون البعد السمتى للقمر عند الغروب =

٩٠°	الارتفاع
+ ٤٣ و ١٥ ١٥	نصف القطر عن القمر
+ ٠٠ و ٢٩ ٣٦	الانكسار الضوئى
— ٧٦ و ٥٩ ٥٥	اختلاف المنظر
٦٧ و ٤٤ ٥٥ ٨٩°	البعد السمتى بعد التصحيح (١)

٤٣ ٤٥ ٢٢° الميل عند الغروب

٠٠ و ١٧ ١٤ ٦٧° متمم الميل عند الغروب

٠٠ و ٠٠ ٠٠ ٩٠° المجموع

القاهرة

خط العرض = ٣٠° ٠٤َ ٢٦ً

متمم خط العرض = ٥٩° ٥٥َ ٢٤ً . . . . . . (٣)

٩٠° ٠٠َ ٠٠ً المجموع

خط الطول ٣١° ١٧َ ١٥ً

أضلاع المثلث:

٨٩° ٥٥َ ٤٤ً٫٦٧ البعد السمتي (١)

٦٧° ١٤َ ١٧ً متمم الميل (٢)

٥٩° ٥٥َ ٢٤ً متمم خط العرض (٣)

٢١٧° ٠٥َ ٢٥ً٫٦٧

ج = ١٠٨° ٣٢َ ٤٣ً

$$\text{ظا}\left[\frac{\text{الزاوية السويعية}}{٢}\right] = \sqrt{\frac{\text{جا (ج − متمم العرض) جا (ج − متمم الميل)}}{\text{جا (ج) جا (ج − البعد السمتي)}}}$$

لوظا ½ (الزاوية السويعية)

= ½ { لوحا (ج − متمم خط العرض) + لوحا (ج − متمم الميل) − [لوحا (ج) + لوحا (ج − البعد السمتي)] }

= ½ { لوحا (٤٨° ٣٧َ ١٩ً) + لوحا (٤١° ١٨َ ٢٦ً) − لوحا (١٠٨° ٣٢َ ٤٣ً) + لوحا (١٨° ٣٦َ ٥٨ً) }

= ½ (١̅٫٦٩٤٨٧٩٥ − ١̅٫٤٨٠٩٤٣٩)

= ½ (٠٫٢١٣٩٣٥٦)

∴ لو ظا ½ الزاوية السويعية = ٠ر٢١٣٩٣٥٦ / ٢

= ٠ر١٠٦٩٦٧٨

نصف الزاوية السويعية = ٥١ ٥٩ ٩ ˚

∴ الزاوية السويعية عند الغروب = ١٨ ٥٨ ١٠٣ ˚ قوسية .

ثانية ق ساعة

= ٥٣ر٢ ٥٥ ٦ زمنية

ثانية ق ساعة

(الصعود المستقيم للقمر عند الغروب) = ٥٦ر٣ ٣٢ ٣

ث ق س ث ق س ث ق س

الوقت النجمى المحلى = ٥٣ر٢ ٥٥ ٦ + ٥٦ر٣ ٣٢ ٣ = ٤٩ر٢٣ ٢٨ ١٠

∴ وقت غرينتّس النجمى = النجمى المحلى — خط الطول = ٤٩ر٢٣ ث ٢٨ ق ١٠ س — ٩ ث ٥ ق ٢ س = ٤٠ر٢٣ ث ٢٣ ق ٨ س.

ومن التقويم الفلكى سنة ١٩٣١ يؤخذ .

	ثانية	ق	ساعة
الوقت النجمى عند غرينتش عند الساعة صفر	٥٥ر١٦	٣٤	١٥
الساعة (١٢) وقت وسطى =	٥٨ر٢٨	٠١	١٢
الفترة من الوقت النجمى عند الظهر	٥٣ر٤٤	٣٦	٣

	ثانية	ق	ساعة
وقت غرينتش النجمى	٤٠ر٢	٢٣	٨
الفترة من الوقت النجمى عند الظهر	٥٣ر٤٤	٣٦	٣
وقت غرينتش النجمى عن ميعاد غروب القمر	٤٦ر٧٦	٤٦	٤

ثانية ق ساعة

الوقت الوسطى عند غرينتش عن ساعة غروب القمر = ٥٩٫٨١ ٤٥ ٤

اضافة فرق الوقت الاساسى المصرى عن غرينتش = ٠٠٫٠٠ ٠٠ ٢

الوقت المحلى عن ساعة الغروب للقمر فى مصر ٥٩٫٨١ ٤٥ ٦

ق ساعة

اذن يكون غروب القمر حسب الوقت المحلى بمصر فى الساعة ٤٦ ٦

غروب الشمس

حساب غروب الشمس فى ١٧مايو سنة ١٩٣١

ق س

حساب غروب الشمس بالمعادلة القصيرة يكون الساعة ٤٢ و ٦ وقت محلى

ق س ساعة

وبما أن الفرق فى خط الطول ٢ ساعتين فعليه يكون ٤٢ و٦ — ٢ =

ق ساعة

٤٢ و ٤ وقت غروب الشمس عند غرينتش

ق ساعة ساعة ق ساعة

٤٢ ٤ + ١٢ = ٤٢ ١٦ = ٧ و١٦ ساعة مساءوقت غروب الشمس

الصعود المستقيم للشمس عند الغروب

يعطى التقويم الفلكى البحرى صحيفة (١٢) ١٧ مايو سنة ١٩٣١ البيان الآتى : —

اليـوم	الصعود المستقيم س ق ث	مقدار التغيير فى الساعة
١٧ مايو سنة ٣١	٣ ٣١ ٦٠ و٨	٨٩٨ و ٩ ثانية
١٨ مايو سنة ٣١	٣ ٣٥ ٤٤ و٦	٩٢٢ و ٨
		١٩٫٨٢٠

١٩٫٨٢٠ ÷ ٢ = ٩٫٩١٠ ثانية

التغيير فى الساعة (المتوسط) ٩٫٩١٠ ثانية

ثانية ساعة ثانية ق

٩٫٩١٠ × ١٦٫٧٠ = ١٦٥٫٤٩٧ ثانية = ٤٥٫٤٩٧ ٢

ثانية ق ساعة

٦٠ ٨٫ ٣١ ٣

٤٥٫٤٩٧ ٢

٥٤٫٠٩٧ ٣٣ ٣ الصعود المستقيم المطلوب عند ساعة الغروب .

الميل للشمس ١٧ مايو عنـد الغروب : —

يعطى التقويم الفلكى البحرى صحيفة (١٢) البيان الآتى : —

اليـــوم	الميـــل	التغيير فى الساعة
١٧	+ ٢٩٫٠٤ ٠٣ ١٩°	٣٤٫٨٠
١٨	+ ١٤٫٩ ١٧ ١٩°	٣٣٫٩٩
		٦٨٫٧٩ (٢
المتـــوسط		٣٤٫٣٩٥

ساعة

٣٤٫٣٩٥ × ١٦٫٧ = ٥٧٤٫٤٠ = ٣٤٫٤٠ ٩

٢٩٫٤٠ ٣ ١٩°

٠٩ ٣٤٫٤٠

+ ٨٠٫٣ ٣٠ ١ ١٩° الميل عند غروب الشمس

البعد السمتى للشمس عند الغروب :

٩٠° + نصف قطر الشمس + الانكسار الضوئى — اختلاف المنظر

يوم ١٧ مايو سنة ١٩٣١ التقويم الفلكى البحرى صحيفة (١٢)

نصف القطر عنـد الغروب

١٧ مايو سنة ١٩٣١	٣٧ر٥٠ً	١٥َ
١٨ مايو سنة ١٩٢١	١٨ر٥٠ً	١٥َ
	١٩ر	

$$\frac{\text{١٩ر} \times \text{١٦ر٧}}{\text{٢٤}} = \text{١٣٢٢و}$$

(ساعة)

٣٧ر٥٠ً ١٥َ — ١٣ر٠ً = ٢٤ر٥٠ً ١٥َ

اختـلاف المنظر

للشمس يوم ١٧ مايو سـنة ١٩٣١ صحيفة ٥٤ من التقويم الفلكى البحرى عن سنة ١٩٣١

١٧ مايو	٨ر٧١ً
١٨ مايو	٨ر٦٩ً
	٠ر٠٢ً

اختلاف المنظر عند الغروب ٨ر٧٠ً

البعد السمتى للشمس عند الغروب

		٩٠°	البعد السمتى للشمس
+ ٢٤ر٥٠ً	١٥َ		نصف القطر للشمس
+ ٠٠ر٢٩ً	٣٦َ		الانكسار الضوئى
— ٨ر٧٠ً			اختلاف المنظر
١٠ر٥٤ً	٥٢َ	٩٠°	البعد السمتى للشمس ساعة الغروب

خط العرض ٣٦ً ٠٤َ ٣٠°

٢٤ً ٥٥َ ٥٩° متمم خط العرض (٢)

٨٠ر٣ً ١٣ ١٩° الميل

٢٠ر٥٦ً ٤٦َ ٧٠° متمم الميل (٣)

٥٤ر١٠ً ٥٢َ ٩٠° البعد السمتى (١)

٢٠ر٥٦ً ٤٦َ ٧٠° متمم الميل (٢)

٠٠ر٢٤ً ٥٥َ ٥٩° متمم خط العرض (٣)

٧٤ر٣٠ً ٣٤َ ٢٢١°

٣٧ر١٥ً ٤٧َ ١١٠° ج

٢٠ر٥٦ً ٤٦ ٧٠° متمم الميل

١٧ر١٩ً ٠٠ ٤٠° (ج — متمم الميل)

٣٧ر١٥ً ٤٧َ ١١٠° ج

٥٤ر١٠ً ٥٢َ ٩٠° البعد السمتى

٨٣ر٠٤ً ٥٥َ ١٩° (ج — البعد السمتى)

٣٧ر١٥ً ٤٧َ ١١٠° ج

٠٠ر٢٤ً ٥٥َ ٥٩° متمم خط العرض

٣٧ر٥١ً ٥١َ ٥٠° (ج — متمم خط العرض)

لوجا (١٧ر١٩ً ٠٠َ ٤٠°) = ١ر٨٠٨١١٥٦

لوجا (٣٧ر٥١ً ٥١َ ٥٠°) = ١ر٨٨٩٦٦٧٤

١ر٦٩٧٧٨٣

لوجا (٣٧ر١٥ً ٤٧َ ١١٠°) = ١ر٩٧٠٧٦٦٣

لوجا (٣ر٨٣ ٤ً ٥٥َ ١٩°) = ١ر٥٣٢٣٤٠٤

١ر٥٠٣١٠٦٧

١ر٦٩٧٧٨٣٠

١ر٥٠٣١٠٦٧

½ × ١٩٤٦٧٦٣ر٠ = لوظا (½ الزاوية السويعية)

٠ر٠٩٧٣٣٨١٥ = شرحه

٩ر٣ً ٢٢َ ٥١° = ½ (الزاوية السويعية)

قوسيه ٨ر٧ً ٤٤َ ١٠٢° = الزاوية السويعية

ثانية	ق	ساعة	
٥٦ر٥٢٣	٥٠	٦	زمنية

		ثانية	ق	ساعة
الزاوية السويعية	=	٥٦ر٥٢٣	٥٠	٦
الصعود المستقيم	=	١ر٥٤	٣٣	٣
الوقت النجمى المحلى	=	٥٠ر٦٢٣	٢٤	١٠
	—	٠٠ر٠٩	٠٥	٢ فرق خط الطول بالوقت
وقت غرينتش النجمى للغروب		٤١ر٦٢٣	١٩	٨

ثانية	ق	ساعة	
٥٥ر١٦	٣٤	١٥	= الوقت النجمى عند الساعة (صفر) عند غرينتش
٥٨ر٢٨	٠١	١٢	= الوقت الوسطى ١٢ ساعه
٥٣ر٤٤	٣٦	٣	الفترة من الوقت النجمى عند الظهر

ثانية	ق	ساعة	
٤١ر٦٢	١٩	٨	وقت غرينتس النجمى
— ٥٣ر٤٤	٣٦	٣	الفترة من الوقت النجمى
٤٨ر١٨	٤٢	٤	الوقت النجمى لساعة غروب الشمس
٣ر٤٦٥	٤٢	٤	الوقت الوسطى لساعة غروب الشمس
٠٠	٠٠	٢	إضافة الوقت للحصول على الوقت الأساسى بمصر
٣ر٤٦٥	٤٢	٦	الوقت المحلى الوسطى لوقت غروب الشمس بمصر
	ق	ساعة	
	٤٦	٦	الوقت المحلى الوسطى لوقت غروت القمر بمصر

وعليه يكون أول محرم سنة ١٣٥٠ بعد الهجرة هو يوم ١٧ مايو سنة ١٩٣١

مسائل متنوعة تتعلق بالحركة اليومية للشمس

والأرض أعنى الظلام والنور اليومى

(١) الوقت الذى تستغرقه الشمس فى شروقها عند خط عرض معلوم : —

ن = قطر قرص الشمس

و = الزاوية السويعية

س = البعد السمتى

م = الميل الفلكى

ع = خط العرض

ه = عدد الثوانى التى تستغرقها الشمس فى فترة الشروق

$$\therefore \text{ه} = \frac{\left(\frac{1}{15}\text{ن}\right)}{\sqrt{\text{جتا}(\text{ع}+\text{م})\,\text{جتا}(\text{ع}-\text{م})}}$$

ومنها يحسب عدد الثوانى التى تستغرقها الشمس فى شروقها .

(٢) طول النهار والليـل : —

لو أخذنا و = ١٥ ت = الزاوية السويعية القوسية عند شروق الشمس أو غروبها وكان م = الميل الفلكى . ع = خط العرض .

فمعادلة شروق أو غروب الشمس هى .

جتا (و) = — ظا (م) ظا (ع)

(ملحوظة) هذا القانون ينطبق أيضاً على النجوم والكواكب الأخرى غير انه لما كان ضوء النجوم يمتصه الجو فانها لا ترى فى الشروق إلا عند ماتصل إلى ارتفاع يتراوح بين خمس وعشرة درجات فوق الأفق .

وعليه يكون : —

٢ (ت) = ٢ (و) / ١٥ = طول النهار بالساعات

٢ (١٢ — ت) = ٢ [(١٨٠° — و) / ١٥] = طول الليل بالساعات

(٣) تأثير تغيير الميل أثناء النهار

يحدث تغييرا فى طول فترة قبل الظهر المعروفة بالصباح وفترة بعد الظهر المعروفة بالمساء

فمثلا لو كان الميل الفلكى للشمس عند الشروق = م

والميل الفلكى للشمس عند الغروب = م + ء م

وكانت الزاوية السويعية عند شروق الشمس = و

والزاوية السويعية عند غروب الشمس = و + ء و

فالزاوية السويعية فى معادلة الشروق السابقة يكون

جتا (و) = − ظا (م) ظا (ع)

∴ حا (و) ء (و) = قا^{٢} (م) ظا (ع) تكامل (م) بالتقريب

وعليه

$$\text{ء (و)} = \frac{\text{قا (م) حا (ع)}}{\sqrt{\text{جتا (ع + م) جتا (ع − م)}}} \times \text{ء (م)}$$

عند ما يكون ء م موجبا (أى بالزائد) عند انتقال الشمس من المدار الشتوى الى المدار الصيفى يصير طول ما بعد الظهر أطول منه قبل الظهر بمقدار

$$= \frac{\text{قا (م) حا (ع)}}{\sqrt{\text{جتا (ع + م) جتا (ع − م)}}} \times \frac{\text{ء (م)}}{١٥} \ \text{ثانية زمنية}$$

و يقل طول النهار بعد الظهر عن طول النهار قبله بهذا القدر فى الجزء الباقى من السنة

(٥) أحوال خاصة للمعادلة

جتا (و) = − ظا (م) ظا (ع)

(ا) عند ما يكون خط العرض على خط الاستواء فانه يساوى الصفر وتصير

ع = صفر

والمعادلة جتا (و) = صفر

∴ و = ٩٠$^{\circ}$

وعليه يكون ٢ ت = ١٢ ساعة مهما تغيرت قيمة الميل (م) أو بمعنى آخر يستوى الليل والنهار على الدوام .

(ب) وفى وقت الاعتــدال (م) = صفر

وعليه تصبح المعــادلة جتا (و) = صفر ،مهما تغيرت خطوط العــرض فيستوى الليل والنهار فى جميع أنحاء الأرض .

(حـ) وعند ما يكون الميل = ٩٠° — ع

فالمعادلة تصبح جتــا (و) = — ١ ، و = ١٨٠° ويكون طول النهار ٢٤ ساعة

(ى) وعند ما يكون الميل م = — (٩٠° — ع) ، جتا (و) = ١

و = صفر فالشمس لا تشرق قط

(هـ) وعند ما يكون الميل > ٩٠° — ع

فتصبح (و) كمية خياليــة (imaginary) فالشمس والحالة هذه لا تغيب ولا تشرق بل تبقى فوق الأفق دائما الخ .

٥ — لايجاد الزاوية السويعية لجرم عند ما يصل الى أقصى ارتفاع

لو كان الميل ثابتاً فأقصى ارتفاع يحدث عند ما يمر الجرم على خط الزوال

أما اذا كان الميل آخذا فى الزيادة فالهبوط المباشر بعد المرور على خط الزوال يوازنه الصعود فى زيادة الميل فيرتفع الفلك عن ما كان عليه من الارتفاع على خط الزوال

واما اذا كان الميل آخذا فى النقص فأقصى ارتفاع يحدث قبل المرور على خط الزوال مباشرة

المصطلحات : —

م = الميل على خط الزوال

ىه = زيادة الميل الجرمى فى كل ساعة بالثوانى القوسية من التقويم الفلكى

ز = المقاس القوسى للزيادة فى الثانية الزمنية

ب = المقاس القوسى عن ١٥ً

ن = (٦٠)٢ × ١٥ (ز/ب)

س = البعد السمتى عند مضى (ت) ثوان بعد المرور على خط الزوال

ع = خط العرض

فتكون المعادلة هى

جتا (س) = حا (م + ز × ت) حا (ع)

+ جتا (م + ز × ت) جتا (ع) جتا (ب × ت)

وعند ما تكون (س أقل ما يمكن)

فيكون ء(ت) / ء(ز) = صفر

وتصبح المعادلة

ت = ٤ ن / (٥ × النسبة التقريبية) [ظا (ع) − ظا (م)]

الشفق الأبيض Twilight.

عند ما تغيب الشمس تحت الافق فلا يهجم الظلام فى الحال وانما تضىء أشعة الشمس بعد المغيب مباشرة الفضاء فوقنا بطريق غير مباشر فينعكس الضوء فى الجو ويُوَزَّعُ على جميع أنحاء الأرض بذرات البخار الجوى المعلقة به وتتضاءل كثافة هذا الضوء تدريجيا كلما زاد انحطاط الشمس عن الافق .

والتجارب دلت على أن جزءاً من الضوء المتضائل يصل الى الراصد ما دامت الشمس لم تنحط عن ١٨° تحت الأفق وبعدها يبدأ أن يحل الظلام ومثيل هـذا يحدث قبل الشروق وهو الوقت الذى يتبين فيه الخيط الابيض من الاسود

مدة دوام الشفق الأبيض تختلف باختلاف خط العرض والميل الفلكى

مدة الشفق قصيرة فى المناطق الاستوائية لأن الحركة اليومية للشمس رأسية تقريباً وتنخفض الشمس (١٨°) تحت الافق بعد الغروب بوقت قصير وتفصل ضوء النهار فترة من الزمن عن الظلام الكامل على خط الاستواء قدرها ٧٢دقيقه ولكن التأثير الفيسيولوجى يظهر للرائى أن الليل يتبع النهار مباشرة .

أما فى خطوط العرض القريبة من القطب فطريق الشمس مائل على الأفق بحيث يمضى زمن طويل على وقت الغروب قبل ما تنخفض الشمس ١٨° تحت الافق وفى منتصف الصيف على خطوط العرض التى تزيد عن ٤٨½ فلا تنخفض الشمس الى ١٨° تحت الافق حتى عند منتصف الليل وبذا ينعدم الليل الحقيقى

إيجاد مدة دوام الشفق الابيض هو عبارة عن ايجاد الوقت التى تستغرقه الشمس لتغيير بعدها السمتى من ٩٠° الى ١٠٨° عند الغروب ومن ١٠٨° إلى ٩٠° عند الشروق .

والمعادلة العادية هى

جتا ١٠٨° = حا (الميل) حا (خط العرض) +

جتا (الميل) جتا (خط العرض) جتا (الزاوية السويعية) وهذا يعطى الزاوية السويعية (و) عند نهاية الشفق الابيض .

أما الزاوية السويعية عند الغروب (وَ فيمكن ايجادها من المعادله .

جتا (وَ) = — ظا (الميل) ظا (خط العرض) . والفرق (و — وَ) يعطى مدة دوام الشفق الابيض .

أحوال خاصة لمعادلة الشفق الابيض

اذا كان (الميل الفلكى) > (٧٢° — خط العرض)

فيكون :

(٩٠ — الميل) < (خط العرض + ١٨°)

ومعنى ذلك :

أن البعد القطبي للشمس < (خط العرض + ١٨°) وينتج من ذلك أن الشمس فى منتصف الليل تكون أقل من ١٨° تحت الافق وبذا ينعدم الليل الحقيقى

مثال ذلك فى مدينة كمبردج التى خط عرضها ١٣َ ٥٢° ينعدم الليل عندما يزيد الميل عن ٧٢° — ١٣َ ٥٢° = ٤٧َ ١٩° شمالا وذلك بين ١٩ مايو و ٢٤ يوليو من كل سنه .

الوقت من السنة الذى فيه الشفق الابيض على خط عرض معلوم يصل الى أقصر حد .

المعادلة هى :

جا (الميل) = — ظا (٩°) حا (خط العرض) وبذا يتعين (الميل) فى هذه الحالة وتعيين (الميل) يحدد الوقت من السنة الذى فيه تصل مدة الشفق الابيض الى أقصر حد

ويتعين الوقت من السنة الذى فيه اقصر حد للشفق الابيض بالمعادلة الآتية

حا (٩°) = جتا (خط العرض) حا $\frac{1}{2}$ أقصر مدة للشفق الابيض

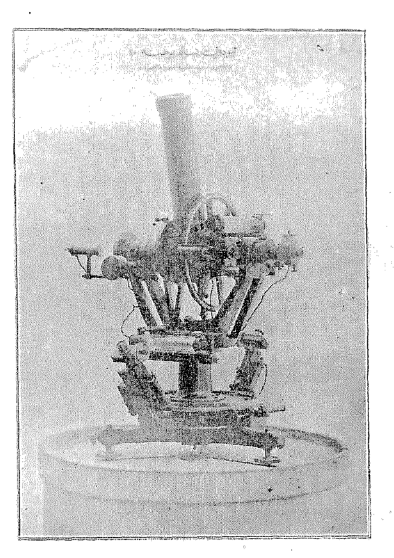
الفصل الحادى عشر

وصف التيودليت

المستعمل فى عملى الفلك والمساحة الدقيقين

« ربسولد » بوصة (١٠) التيودوليت الفلكى (الجيوديزى)

نأتى على وصف التيودليت الفلكى المستعمل فى الاعمـال الفلكية الدقيقة



والمساحية الدقيقة بالقطر المصرى والذى استحضر من محل الخواجات ر بسولد بهامبرج

وهو يشبه الآلات التى وردت للسير (دافيد جيل) للمساحة الجيوديزية بمستعمرة الكاب وتوجد بيانات تفصيلية عنها فى « التقرير عن المساحة الجيوديزيه لجنوب افريقا سنة ١٨٩٤ »

والآله من طراز تيودوليت الترانزيت منشورى والعينيه هى على امتداد حامل واحد ومميزاتها المهمة هى أن الحوامل كبيرة ومقوسة .

وليس التركيب المنشورى نموذجا من نماذج الكمال لرصد الاتجاهات الافقية إلا أنه يجعل التيودوليت المذكور أحسن الآلات كآلة عمومية لرصد الوقت وخط العرض والسمت والزوايا الأفقية وعلى هذا يتوفر نقل الآت خاصة متعددة كل منها لغرض خاص وهذا من الأهمية بمكان عظيم بالقطر المصرى حيث أن جميع النقط تقع فى الصحراء وبعضها لا يمكن الوصول اليه ولا بدواب الحمل

ولم يوجد بالاختبار أن استعمال المنشور أنتج نتائج أقل من الدقة المرغوبة

وعدسة التيودليت بها مكرومتر له شعرة متحركة واحدة ولها أيضاً خمس شعرات ثابتة منها ثلاث رأسية واثنتان أفقيتان واحدى الشعرات الرأسية تعين المركز البصرى للنظارة والاثنتان الآخرتان على بعد ٩َ على كلا الجانبين ويستخدمان لتحديد النطاق اللازم أماالشعرتان الافقيتان فهما على مسافة ٢٠ً من بعضها ويعينان مركز الشعرات الرأسية .

ولرصد الزوايا الرأسية تدار العينية بأكملها فى اتجاه محطات أوضاعها على بعد ٩٠° من بعضها

والدائرة الافقية مقسمة الى مسافات قدرها ٤َ وتقرأ بواسطة ميكروسكوبين (ا) و (ب) على بعد ١٨٠° من بعضها . وحافة الميكرومتر المكرسكوبى مقسمة الى ستين قسما وتحتاج الى دورتين تامتين لتحرك إحدى الشعرات من قسم الـ (٤َ) على الدائرة الافقية الى القسم الذى يليه وعليه تكون الدورة الواحدة على

المـكرومتر عبارة عن ٢َ والقسم الواحد عبارة عن ٢ً

وبكل ميكروسكوب زوجان من الشعر على بعد ٣َ من بعضهما أى على بعد ٥ر١ دورة من بعضها و بها أيضاً مشط لقراءة عدد دورات عجلة الميكرمتر

وتؤخذ القراءة الصحيحة بواسطة زوج الشعرات الايمن على الاقسام التى على يمين سنة صفرَ المشط وتؤخذُ القراءة الثانية (لِبُعد الخلْفِ run) بواسطة زوج الشعرات الايسر على الاقسام التى على يسار الصفر

وتعين المسافة بين أزواج الشعرات عند كل نقطة بأخذ جملة قراءات على نفس التقسيم بالتعاقب بأزواج الشعرات التى على اليمين و بمثلها على اليسار .

وتستعمل هذه القيمة لتعيين الخطأ فى بُعْدِ الخُلْف run لـكل ميكرسكوب فى كل وضع arc .

والدائرة الافقية مثبتة على حوامل المنظار وهى تدور مع المنظار (التاسكوب) بينما يبقى الميكرسكوب ثابتاً واستعمل هـذا الجهاز مع التركيب المعروف بالتليسكوب الضابط لحركته « Watch Telescope » مع ان له ميزة أخرى هى انارة الدائرة بضوء ثابت الـكمية والاتجاه فى سلسلة قراءات لاوضـاع معينة على الدائرة على أنه يوجد ضد هذه الميزة عدم التمـكن من قراءة الميكرسكوب فى بعض الاوضاع بدون فك التليسكوب ورفعه الى مستو أعلى .

الدائرة الرأسية

مركب بالتيودوليت دائرة رأسية بوصة ٨ً تقُرأ بواسطة ميكرسكوبين (جـ) و(د) والدائرة مقسمة الى (١٠َ) كل قسم. والدورة الواحدة لعجلة الميكرومتر تحرك الشعرات قسما أى ١٠َ والرأس مقسمة الى ٦٠ قسما بحيث أن الميكرسكوب يقرأ الى ١٠ً مباشرة و ١ً بالتقدير .

ومركب بالآلة نور كهربائى لانارة نطاق المنظور الفلـكي وجميع الميكرسكوبات

ولكل ميكرسكوب مفتاح كهربائى خاص بحيث أن قوة البطارية يمكن الاقتصاد فيها عند استعمالها واللمبات فى الأصل كان تصميمها بقوة (٤) فولت بصفة خاصة بأمبوبة ذات سلك من الكربون وتستنفذ قدراً كبيراً من التيار لاضائتها وكانت تُغَذّى بالتيار من خزان كهربائى سهل النقل قوته أربعة فولت يحتاج لملئه شهريا .

وعملت لمبات جديدة ذات كفاءة عظيمة بتوصية خاصة من محل الخواجات (١ . ه . هنت كريدن) التى تعطى ضوءا عظيما وتستهلك ٢٥ر٠ أمبير فقط عن كل لمبة وتنار الآن بواسطة لمبة صغيرة يدوية حجم بطارية ناشفة قوة ٤ فولت ويمكن نقلها بسهولة أكثر مع ما يوجد معها من اللمبات الاحتياطية دون خوف من تلفها .

وفى ممر ضوء النطاق الفلكى توجد عدسة متحركة حول محور عمودى على المحور البصرى لها يمكن تخفيض نور النطاق الفلكى بواسطتها عند مايكون الشىء المرئى ضئيلا .

معايرة التيودوليت

١ — عدسة الميكرومتر

عينية عجلة الميكرومتر مقسمة إلى مائة قسم وتقرأ لغاية ٠٠١ر٠ من الدورة بالتقدير وقيمة الدورة الواحدة لعجلة الميكرومتر عينت بأربع طرق مستقلة .

(١) برصد فى أوقات متعددة عدة منصفات للنجم القطبى عند اقصى مدى (أى عند ما ينحرف عن خط الشمال بأكبر زاوية له مع قراءة الدائرة الرأسية وهى مربوطة مع تدوين الوقت

(٢) برصد فى أوقات متعددة عدة منصفات للنجم القطبى عند ما تكون

فى مروره العلوى والسفلى مع تدوين الوقت وقراءة الدائرة الأفقية وهى مربوطة .

(٣) بقراءات قامة ميزانية مقسمة وموضوعة على مسافة معلومة من الآلة .

(٤) بتطبيق نظرية المربعات الصغرى على الأرصاد الخاصة بخط العرض والمرصودة بطريقة تالكوت (Talcott) فى عدة محطات جيودزيه .

الطريقة الاولى

برهنت الطريقة الأولى على أنها أقل ضبطاً من الثلاث الطرق ومن المحتمل أن يكون ذلك ناشئاً عن الاغلاط المتسببة من الاختلافات التالية فى الانكسار الرأسى للضوء أثناء أخذ الارصاد ويجب أن يفهم أن مصر تقع بالقرب جداً من المدارين ولهذا السبب فارتفاع النجم القطبى قليل والانكسار الرأسى لضوئه على الدوام كبير ولذا لم تؤخذ إلا أرصادا قليلة بهذه الطريقة ولم تستعمل .

الطريقة الثانية

أخذ المستر ويد فى خلال شهر يناير سنة ١٩١٢ عدة أرصاد للنجم القطبى عند ما يكون فى مروره العلوى والسفلى وأجريت الارصاد فى خمس ليال عند ما كان النجم القطبى فى مروره العلوى وخمس ليال فى مروره السفلى

ومتوسط دورة الميكرومتر دورة واحدة

٦٢ ر ٨٩ ً ± ١ ر ٠ ً ر

الطريقة الثالثة

اقترح جناب المستر ت. ل. بنت مدير اقلام الحساب تعيين المعامل بواسطة استعمال قامة الميزانية على بعد معلوم ولسرعة وسهولة هذه الطريقة فى إيجاد المعامل بكل دقة وامكان تنفيذها فى أى وقت من النهار قد أوردنا شرحها .

أقيم التيودليت على النقطة الجيوديزية (٥) بحلوان ودق وتد بالارض على بعد ٢٠٠ متراً بالجانب البعيد من الوادى ليتلاشى عدم الانتظام من انكسار الضوء بالقرب من الارض وعينت المسافة الحقيقية بين الوتد والنقطة الجيوديزية بواسطة مثلثات من قاعدة طولها ٠٠. متر

ووضعت قامة على الوتد وقرئت الشعرة المتحركة على القامة بينما كانت تعين دائرة الميكرومتر فى كل دورة كاملة. واخذت عدة قرآت لروح تسوية البعد السمتى عند كل تغيير له فى كل مجموعة من القراءات .

وأمكن استخدام هذه الارصاد لتعيين مقادير ميكرومتر الميئية وروح تسوية البعد السمتى وفيما يأتى تفاصيل الارصاد بحلوان وطريقة حسابها :

بعد القامة من نقطة (٥) = ١٥٠ ر٢٠٩ متر

الطول البورى للعدسة الشيئية لتيودوليت ر بسولد = ٥٠٠ ر٠ «

بعد العدسة الشيئية من الحوامل = ٢٥٠ ر٠ «

خطأ تقاسيم القامة = — ٥٥ ر٠ ملليمتر فى المتر

متوسط تعيين ١٢ دورة على القامة = ١ ر١٠٨٦ «

شرحه مصححاً بالنسبة لخطأ القامة = ٥ ر١٠٨٥ «

دورة واحدة (مع استعمال كل قراءة) = ٥٠ ر٩٠ « ± ٢١ ٠ر٠

الزاوية المحصورة فى دورة واحدة = ٥٠ ر٩٠ × (١٠) — ٣
―――――――――――――
= [١٥٠ر٢٠٩ — ٢٥ ر٠] جا ١ً

= ٣٦ ر٨٩ً ± ٠٢١ ر٠ً

وهذه النتيجة يعوزها تصحيح لأيجاد المقادير عند نقطة البورة النجمية (Stellar focus)

لنفرض ان (ں) هى مسافة شبح (Image) القامة من النقطة البورية .

ب = المسافة بين القامة والبورة

ں × ب = (البعد البورى)٢

$$\frac{\text{ں}}{\text{البعد البورى}} = \frac{\text{البعد البورى}}{\text{ب}}$$

اذا كانت $م_{١١}$ معامل الميكرومتر للقامة

م « « للبورة النجمية

$$م = م_{١١} \left(١ + \frac{\text{ب}}{\text{البعد البورى}} \right)$$

= ٥٧ً٫٨٩ ± ٠٢ً٫٠

واستعملت نفس هذه الطريقة فى تعيين آخر بالجيزه وكانت النتيجة كما يأتى

م = ٥٧ً٫٨٩ ± ٠١ً٫٠

متوسط دورة واحدة = ٥٧ً٫٨٩ ± ٠٨ً٫٠

الطريقة الرابعة

وعين مقدار دورة واحدة للميكرومتر من ارصاد خط العرض الفلكى لاحدى عشرة نقطة بالرصد ليلتين متتاليتين فى كل نقطة .

ووجد المقدار :

م = ٦٠ً٫٨٩ ± ٠٣ً٫٠

وعليه نتج من الطرق الثلاث ان

٢ — م = ٨٩ر٦٢ً ± ٠ر٠١ً

٣ — م = ٨٩ر٥٧ً ± ٠ر٠٠٨ً

٤ — م = ٨٩ر٦٠ً ± ٠ر٠٣ً

واعتبر متوسط مقدار م = ٨٩ر٦٠ً

(ب) معاملات الميزان (روح التسوية)

يوجد بتيودوليت الر بسولد ميزانان قابلان للفك والتبديل مكان بعضهما وهذان الميزانان مرموز لهما بحرفى B ، A فالميزان (B) يستعمل على الدوام كميزان لضبط البعد السمتى وأيضا لروح التسوية (Striding level) عند اللزوم

وتعيين المعامل للميزان (B) أجرى فى الأصل بثلاث طرق مختلفة

١) بقراءة ميكرومتر العينية ووقت النجم القطبي عند اقصى مدى (Elongation) .

٢) بقراءة قامة الميزانية عند تعيين معامل الميكرومتر .

٣) بقراءة ميكرومتر العينيــة مع ضابط محور المنظار (Collimator)

وقد أعطى كل تعيين قيمة مختلفة بصرف النظر عن الطرق التى استخدمت وعللت الاختلافات بأنها من تقلب حرارة روح التسوية نفسها ولمــا أدخل تأثير الحرارة فى الحساب أنتج نتيجة متفقة بالطرق الثلاث .

واستعملت الطريقة الثالثة فى تعيين معادلة معامل روح التسوية بالنســبة لحرارتها وطولها .

وضابط محور المنظار الذى استعمل كان لتيودوليت جيوديزى بوصة ٨ من صنع (تراوتون وسمز) وركب على نفس عامود التيودوليت الر بسولد بوصة ١٠ وضبط روح تسوية الآلتين وعويرت روح تسوية التيودوليث من صناعة

(تروتون وسمز) بميكرومتر عدسة العينية بتيودوليت الربسولد .

ووجد متوسط القسم الواحد = ١٠ر٠ من دورة الميكرومتر وانه بينما كانت قراءة روح التسوية بميزان (تراوتون وسمز) منحطة جداً كانت قراءة ميكرومتر عدسة العينية عالية جداً .

وحوفظ على بقاء ميزان روح التسوية (B) المركب بالتيودليت (ربسولد) على ٤٠ قسم فى الطول بالخزان المركب بطرفه وقرئت من عشرة الى ١٢ قراءة لكل تعيين بتحريك ميزان روح التسوية الى عدة مواقع على امتدادها وقرىء روح التسوية لميزان البعد السمتى بتيودوليت « تراوتون وسمز » فى كل موقع منها ورصدت الحرارة فى متوسط كل مجموعة من القراءات

وفى حساب نتيجة كل تعيين صححت أولا قراءة الميكرومتر بالنسبة لأى اختلاف عن متوسط قراءات روح التسوية بميزان « تراوتون وسمز » ورسمت على ورق مربعات القراءات المصححة للميكرومتر على احدى الاحداثيات ووقع على الاحداثى الآخر مجموع قراءة العينية والشيئية بميزان روح التسوية (B) على التيودوليت الربسولد ورسم خط مستقيم ليمر فى منتصف النقط المرسومة بقدر الامكان

فاذا اعتبرنا $م_ر$ ، $م_س$ قراءات الميكرومتر على هذا الخط مطابقة لمجموع قراءات ضبط فيها قراءة روح التسوية (ر) و (س) فيكون المعامل لروح التسوية فى درجة حرارة ء = $ل_ء$

$$ل_ء = \frac{م_ر - م_س}{ر - س} \times ٨٩ر٦٠$$

واستعملت طريقة الرسم البيانية للحساب لأنها بينت فى الحال ما وجد بالقراءات من الخطأ الفاحش . ووجد أن تعيينات المعامل فى أى درجة حرارة معلومة

متفقة بحالة جيدة جداً من يوم الى آخر بشرط ترك الآلة وقتاً كافياً لثبوتها ويستلزم ذلك ثلاثة أرباع الساعة على الاقل

والتعيينات التى أجريت عددها خمسون و بدرجات من الحرارة تختلف من ١٠ سنتجراد الى ٢٢ سنتيجراد ولما رسمت هذه التعيينات أظهرت بالاستنتاج أن معامل ميزان روح التسوية يختلف مع الحرارة وأن هـذه العلاقة يمكن التعبير عنها بالمعادلة الآتية بالضبط تقريبا

معامل روح التسوية = ٦٨ً و٠ + (ى — ١٥) × ٠٢ و٠ً

وأثبتت نتيجة الابحاث التى عملت فيما بعد (١) على أن المعامل كان مستقلا عن طول روح التسوية (٢) وأن التقاسيم كانت متساوية جداً

وروح التسوية مقسم تقسيما متعادلا وذات انثناء متساو

(ح) أغلاط الدائرة

ظهر أنه توجد أغلاط كبيرة نسبياً فى تقاسيم الدائرة الافقية وقد عويرت هذه التقاسيم كل ٧° ٣٠َ ووضعت علامتان على حائط يقعا على ضلعى زاوية قدرها ٧° ٣٠َ عند نقطة جيوديزية مؤقتة وضعت بمصلحة المساحة لهذا الغرض وقيست هذه الزاوية (٢٨) مرة على اوضاع (أصفار) مختلفة بمقدار ٥ر٧° كالآتى

٧ قراءات بالادارة على اليمين } الوضع ما بين صفر و ١٨٠°
٧ « « « اليسار }

٧ « « « اليمين } الوضع ما بين ١٨٠° و ٣٦٠°
٧ « « « اليسار }

ومتوسط الـ ٢٨ قراءة أخذ عن كل وضع

وكان الخطأ المحتمل للقراءة الواحدة = ± ٦ً و٠

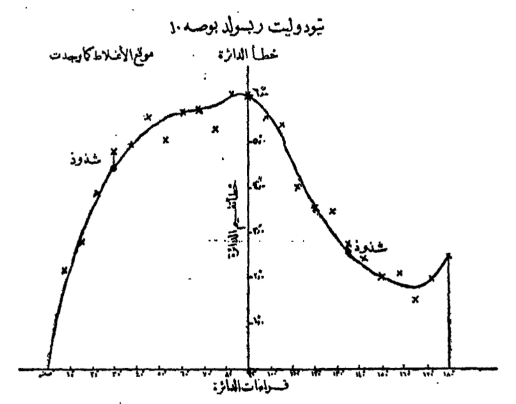
والخطأ المحتمل لـكل وضع معين = ± ١٢ ر٠

والزاوية الحقيقية تساوى متوسط الـ ٢٤ قراءة للاوضاع المختلفة

اذا كانت زر هى الزاوية التى قيست من ٥ر٧° (ر) الى ٥ر٧° (ر+١)

فتـكون غلطه التقسيم = ٥ر٧° ى

$$= \text{مجـ}\sum_{\text{ر = صفر}}^{\text{ر = ى - ١}} \left[\text{زر} \right] - \text{ى}\,\bar{\text{ز}} \pm \overline{\text{١٢ر}}\sqrt{\frac{\text{ى}\left[\text{٢٤} - \text{ى}\right]}{\text{٢٤}}}$$



شكل ٣٠ — اغلاط الدائرة الافقية للتيودوليت

ووضعت علامة أخرى على زاوية قائمة ٩٠° مع أحد الازواج الاخرى من الاتجاهات وتعين أيضاً الخطأ فى التقسيم بين الصفر و٩٠° ومابين ٤٥° و ١٣٥°

وصححت الفروقات المختلفة ككتلة واحدة

والاقسام التى عملت عليها التعيينات حققت بالنسبة لعدم انتظامها فى التقسيم بواسطة مسافة الخلف run فى الميكروسكوب ووقعت الاغلاط التى وجدت بعد تصحيحها نهائيا على ورق مربعات كنقط رُسم بينها منحنى منتظم وقرىء على هذا المنحنى مقدار الخطأ عن كل خمسة درجات

وعمل جدول يبين مقدار خطأ القسم باعتبار أن المنحنى خط مستقيم بين كل خمس درجات وهذا الجدول مستعمل فى المساحة المصرية الآن فى عمل حساب استمارات الزوايا

فهرست الجزء الاول

من مبادىء علم الفلك العملي الحديث

« تم بعونه تعالى الجزء الاول »

Tables of Declinations of Sun in a Leap year and the (3) Consecutive years after at Greenwich Apparent Noon (Ibadi)

تجهزت الاربع جداول عن ميول الشمس عند ظهر غرينويتش الظاهرى عن .

(١) السنة الكبيسة

(٢) السنه الاولى بعد السنة الكبيسة

(٣) السنة الثانية بعد السنة الكبيسة

(٤) السنة الثالثة بعد السنة الكبيسة

والارقام المدونة به هى ميول الشمس بالدرج والكسر والاعشارى من الدرج عن اليوم فى السنة اعنى بدقة ($\frac{1}{10}$°) من الدرجة القوسية واذا كان المطلوب اكثر دقة فعليك بالتقويم النجمى البحرى Nautical Almanac الانكليزى أو الامريكى أو الفرنسى الخ — والغرض من هذه الجداول استعمالها مع الرسم البيانى لايجاد خط الشمال من الشمس طبقاً لطريقة (عبادى) انظر ~~العدد السابق~~ من مجلة الهندسة مايوسنة ١٩٣١ وهذا يكفى للدقة المطلوبة للملاحة ولايجاد القبلة للصلاة وللمستكشف

كيفية الاستدلال عن السنة الكبيسة أو ماتليها :

اقسم السنة الافرنجية على (٤) اربعة فان كان الناتج صفر فهى كبيسة وان كان الباقى واحد فهى السنة الاولى بعد الكبيسة وان كان الباقى اثنين فهى السنة الثانية بعد الكبيسة وان كان الباقى ثلاثة فهى السنة الثالثة بعد الكبيسة . مثال ذلك $\frac{١٩٣١}{٤}$ = ٤٨٢ والباقى (٣)

فهى السنة الثالثة بعد الكبيسة فتؤخذ معلومات الميل من الكشف الرابع (٤) اعلاه

١ — جدول ميول الشمس فى السنة الكبيسة عند

أيام	يناير	فبراير	مارس	ابريل	مايو	يونيو
١	— ٢٣,١	— ١٧,٤	— ٧,٦	٤,٥	١٥,١	٢٢,١
٢	— ٢٣,٠	— ١٧,١	— ٧,٢	٤,٩	١٥,٤	٢٢,٢
٣	— ٢٢,٩	— ١٦,٨	— ٦,٨	٥,٣	١٥,٧	٢٢,٣
٤	— ٢٢,٨	— ١٦,٥	— ٦,٤	٥,٧	١٦,٠	٢٢,٤
٥	— ٢٢,٧	— ١٦,٢	— ٦,١	٦,١	١٦,٢	٢٢,٥
٦	— ٢٢,٦	— ١٥,٩	— ٥,٧	٦,٤	١٦,٥	٢٢,٦
٧	— ٢٢,٥	— ١٥,٦	— ٥,٣	٦,٨	١٦,٨	٢٢,٧
٨	— ٢٢,٤	— ١٥,٣	— ٤,٩	٧,٢	١٧,١	٢٢,٨
٩	— ٢٢,٢	— ١٥,٠	— ٤,٥	٧,٦	١٧,٣	٢٢,٩
١٠	— ٢٢,١	— ١٤,٧	— ٤,١	٧,٩	١٧,٦	٢٢,٠
١١	— ٢٢,٠	— ١٤,٣	— ٣,٧	٨,٣	١٧,٩	٢٣,١
١٢	— ٢١,٨	— ١٤,٠	— ٣,٣	٨,٧	١٨,١	٢٣,٢
١٣	— ٢١,٦	— ١٣,٧	— ٢,٩	٩,٠	١٨,٤	٢٣,٢
١٤	— ٢١,٥	— ١٣,٤	— ٢,٥	٩,٤	١٨,٦	٢٣,٣
١٥	— ٢١,٣	— ١٣,٠	— ٢,١	٩,٨	١٨,٩	٢٣,٣
١٦	— ٢١,١	— ١٢,٧	— ١,٧	١٠,١	١٩,١	٢٣,٤
١٧	— ٢٠,٩	— ١٢,٣	— ١,٣	١٠,٥	١٩,٣	٢٣,٤
١٨	— ٢٠,٧	— ١٢,٠	— ١,٠	١٠,٨	١٩,٥	٢٣,٤
١٩	— ٢٠,٥	— ١١,٦	— ٠,٦	١١,٢	١٩,٨	٢٣,٤
٢٠	— ٢٠,٣	— ١١,٣	— ٠,٢	١١,٥	٢٠,٠	٢٣,٤
٢١	— ٢٠,١	— ١٠,٩	٠,٢	١١,٩	٢٠,٢	٢٣,٤
٢٢	— ١٩,٩	— ١٠,٦	٠,٦	١٢,٢	٢٠,٤	٢٣,٤
٢٣	— ١٩,٧	— ١٠,٢	١,٠	١٢,٥	٢٠,٦	٢٣,٤
٢٤	— ١٩,٤	— ٩,٨	١,٤	١٢,٩	٢٠,٨	٢٣,٤
٢٥	— ١٩,٢	— ٩,٥	١,٨	١٣,٢	٢٠,٩	٢٣,٤
٢٦	— ١٩,٠	— ٩,١	٢,٢	١٣,٥	٢١,١	٢٣,٤
٢٧	— ١٨,٧	— ٨,٧	٢,٦	١٣,٨	٢١,٣	٢٣,٣
٢٨	— ١٨,٥	— ٨,٣	٣,٠	١٤,١	٢١,٥	٢٣,٣
٢٩	— ١٨,٢	— ٨,٠	٣,٤	١٤,٥	٢١,٦	٢٣,٢
٣٠	— ١٧,٩		٣,٨	١٤,٨	٢١,٨	٢٣,٢
٣١	— ١٧,٧		٤,١	—	٢١,٩	—

الظهـــر الظاهري عنـــد غرينوتش (Greenwich) — ١

يوليو	اغسطس	سبتمبر	اكتوبر	نوفمبر	ديسمبر
٢٣,١	١٨,٠	٨,٣	— ٣,٢	— ١١,٤	— ٢١,٨
٢٣,١	١٧,٨	٧,٩	— ٣,٦	— ١٤,٧	— ٢٢,٠
٢٣,٠	١٧,٥	٧,٦	— ٣,٩	— ١٥,١	— ٢٢,١
٢٢,٩	١٧,٣	٧,٢	— ٤,٣	— ١٥,٤	— ٢٢,٢
٢٢,٨	١٧,٠	٦,٨	— ٤,٧	— ١٥,٧	— ٢٢,٤
٢٢,٧	١٦,٧	٦,٥	— ٥,١	— ١٦,٠	— ٢٢,٥
٢٢,٦	١٦,٤	٦,١	— ٥,٥	— ١٦,٣	— ٢٢,٦
٢٢,٥	١٦,٢	٥,٧	— ٥,٩	— ١٦,٦	— ٢٢,٧
٢٢,٤	١٥,٩	٥,٣	— ٦,٢	— ١٦,٩	— ٢٢,٨
٢٢,٣	١٥,٦	٥,٠	— ٦,٦	— ١٧,١	— ٢٢,٩
٢٢,١	١٥,٣	٤,٦	— ٧,٠	— ١٧,٤	— ٢٣,٠
٢٢,٠	١٥,٠	٤,٢	— ٧,٤	— ١٧,٧	— ٢٣,١
٢١,٨	١٤,٧	٣,٨	— ٧,٨	— ١٨,٠	— ٢٣,٢
٢١,٧	١٤,٤	٣,٤	— ٨,١	— ١٨,٢	— ٢٣,٢
٢١,٥	١٤,١	٣,٠	— ٨,٥	— ١٨,٥	— ٢٣,٣
٢١,٤	١٣,٨	٢,٧	— ٨,٩	— ١٧,٧	— ٢٣,٣
٢١,٢	١٣,٤	٢,٣	— ٩,٢	— ١٩,٠	— ٢٣,٤
٢١,٠	١٣,١	١,٩	— ٩,٦	— ١٩,٢	— ٢٣,٤
٢٠,٩	١٢,٨	١,٥	— ١٠,٠	— ١٩,٥	— ٢٣,٤
٢٠,٧	١٢,٥	١,١	— ١٠,٣	— ١٩,٧	— ٢٣,٤
٢٠,٥	١٢,١	٠,٧	— ١٠,٧	— ١٩,٩	— ٢٣,٤
٢٠,٣	١١,٨	— ٠,٣	— ١١,٠	— ٢٠,١	— ٢٣,٤
٢٠,١	١١,٥	— ٠,١	— ١١,٤	— ٢٠,٣	— ٢٣,٤
١٩,٩	١١,١	— ٠,٤	— ١١,٧	— ٢٠,٦	— ٢٣,٤
١٩,٧	١٠,٨	— ٠,٨	— ١٢,١	— ٢٠,٧	— ٢٣,٤
١٩,٥	١٠,٤	— ١,٢	— ١٢,٤	— ٢٠,٩	— ٢٣,٤
١٩,٢	١٠,١	— ١,٦	— ١٢,٨	— ٢١,١	— ٢٣,٣
١٩,٠	٩,٧	— ٢,٠	— ١٣,١	— ٢١,٣	— ٢٣,٣
١٨,٨	٩,٤	— ٢,٤	— ١٣,٤	— ٢١,٥	— ٢٣,٢
١٨,٥	٩,٠	— ٢,٨	— ١٣,٨	— ٢١,٦	— ٢٣,١
١٨,٣	٨,٧	—	— ١٤,١	—	— ٢٣,٢

٢ — جدول ميول الشمس فى سنة بعد السنة الكبيسة

الأيام	يناير	فبراير	مارس	ابريل	مايو	يونيو
١	— ٢٣,٠	— ١٧,٢	— ٧,٧	٤,٤	١٥,٠	٢٢,٠
٢	— ٢٢,٩	— ١٦,٩	— ٧,٣	٤,٨	١٥,٣	٢٢,٢
٣	— ٢٢,٩	— ١٦,٦	— ٦,٩	٥,٢	١٥,٦	٢٢,٣
٤	— ٢٢,٨	— ١٦,٣	— ٦,٥	٥,٦	١٥,٩	٢٢,٤
٥	— ٢٢,٦	— ١٦,٠	— ٦,١	٦,٠	١٦,٢	٢٢,٥
٦	— ٢٢,٥	— ١٥,٧	— ٥,٨	٦,٤	١٦,٥	٢٢,٦
٧	— ٢٢,٤	— ١٥,٤	— ٥,٤	٦,٧	١٦,٧	٢٢,٧
٨	— ٢٢,٣	— ١٥,١	— ٥,٠	٧,١	١٧,٠	٢٢,٨
٩	— ٢٢,١	— ١٤,٧	— ٤,٦	٧,٥	١٧,٣	٢٢,٩
١٠	— ٢٢,٠	— ١٤,٤	— ٤,٢	٧,٨	١٧,٦	٢٣,٠
١١	— ٢١,٨	— ١٤,١	— ٣,٨	٨,٢	١٧,٨	٢٣,١
١٢	— ٢١,٧	— ١٣,٨	— ٣,٤	٨,٦	١٨,١	٢٣,١
١٣	— ٢١,٥	— ١٣,٤	— ٣,٠	٨,٩	١٨,٣	٢٣,٢
١٤	— ٢١,٣	— ١٣,١	— ٢,٦	٩,٣	١٨,٦	٢٣,٣
١٥	— ٢١,٢	— ١٢,٨	— ٢,٢	٩,٧	١٨,٨	٢٣,٣
١٦	— ٢١,٠	— ١٢,٤	— ١,٨	١٠,٠	١٩,٠	٢٣,٣
١٧	— ٢٠,٨	— ١٢,١	— ١,٤	١٠,٤	١٩,٣	٢٣,٤
١٨	— ٢٠,٦	— ١١,٧	— ١,٠	١٠,٧	١٩,٥	٢٣,٤
١٩	— ٢٠,٤	— ١١,٤	— ٠,٧	١١,١	١٩,٧	٢٣,٤
٢٠	— ٢٠,٢	— ١١,٠	— ٠,٣	١١,٤	١٩,٩	٢٣,٤
٢١	— ٢٠,٠	— ١٠,٦	— ٠,١	١١,٨	٢٠,١	٢٣,٤
٢٢	— ١٩,٧	— ١٠,٣	٠,٥	١٢,١	٢٠,٣	٢٣,٤
٢٣	— ١٩,٥	— ٩,٩	٠,٩	١٢,٤	٢٠,٥	٢٣,٤
٢٤	— ١٩,٣	— ٩,٥	١,٣	١٢,٨	٢٠,٧	٢٣,٤
٢٥	— ١٩,٠	— ٩,٢	١,٧	١٣,١	٢٠,٩	٣٢,٤
٢٦	— ١٨,٨	— ٨,٨	٢,١	١٣,٤	٢١,١	٢٣,٤
٢٧	— ١٨,٥	— ٨,٤	٢,٥	١٣,٧	٢١,٣	٢٣,٣
٢٨	— ١٨,٣	— ٨,١	٢,٩	١٤,١	٢١,٤	٢٣,٣
٢٩	— ١٨,٠		٣,٣	١٤,٤	٢١,٦	٢٣,٣
٣٠	— ١٧,٧		٣,٧	١٤,٧	٢١,٧	٢٣,٢
٣١	— ١٧,٤		٤,١	—	٢١,٩	

يوليو	اغسطس	سبتمبر	اكتوبر	نوفمبر	ديسمبر
٢٣,١	١٨,١	٨,٤	٣,١ —	١٤,٣ —	٢١,٨ —
٢٣,١	١٧,٨	٨,٠	٣,٥ —	١٤,٧ —	٢١,٩ —
٢٣,٠	١٧,٦	٨,٧	٣,٩ —	١٥,٠ —	٢٢,١ —
٢٢,٩	١٧,٣	٧,٣	٤,٢ —	١٥,٣ —	٢٢,٢ —
٢٢,٨	١٧,١	٦,٩	٤,٦ —	١٥,٦ —	٢٢,٣ —
٢٢,٧	١٦,٨	٦,٦	٥,٠ —	١٥,٩ —	٢٢,٥ —
٢٢,٦	١٦,٥	٦,٢	٥,٤ —	١٦,٢ —	٢٢,٦ —
٢٢,٥	١٦,٢	٥,٨	٥,٨ —	١٦,٥ —	٢٢,٧ —
٢٢,٤	١٥,٩	٥,٤	٦,٢ —	١٦,٨ —	٢٢,٨ —
٢٢,٣	١٥,٧	٥,١	٦,٥ —	١٧,١ —	٢٢,٩ —
٢٢,٢	١٥,٤	٤,٧	٦,٩ —	١٧,٤ —	٢٣,٠ —
٢٢,٠	١٥,١	٤,٣	٧,٣ —	١٧,٦ —	٢٣,١ —
٢١,٩	١٤,٨	٣,٩	٧,٧ —	١٧,٩ —	٢٣,١ —
٢١,٧	١٤,٥	٣,٥	٨,٠ —	١٨,٢ —	٢٣,٢ —
٢١,٦	١٤,٢	٣,١	٨,٤ —	١٨,٤ —	٢٣,٣ —
٢١,٤	١٣,٨	٢,٨	٨,٨ —	١٨,٧ —	٢٣,٣ —
٢١,٣	١٣,٥	٢,٤	٩,٢ —	١٨,٩ —	٢٣,٤ —
٢١,١	١٣,٢	٢,٠	٩,٥ —	١٩,٢ —	٢٣,٤ —
٢٠,٩	١٢,٩	١,٦	٩,٩ —	١٩,٤ —	٢٣,٤ —
٢٠,٧	١٢,٥	١,٢	١٠,٢ —	١٩,٦ —	٢٣,٤ —
٢٠,٥	١٢,٢	٠,٨	١٠,٦ —	١٩,٩ —	٢٣,٤ —
٢٠,٣	١١,٩	٠,٤	١١,٠ —	٢٠,١ —	٢٣,٤ —
٢٠,١	١١,٥	٠,٠ —	١١,٣ —	٢٠,٣ —	٢٣,٤ —
١٩,٩	١١,٢	٠,٣ —	١١,٧ —	٢٠,٥ —	٢٣,٤ —
١٩,٧	١٠,٩	٠,٧ —	١٢,٠ —	٢٠,٧ —	٢٣,٤ —
١٩,٥	١٠,٥	١,١ —	١٢,٤ —	٢٠,٩ —	٢٣,٤ —
١٩,٣	١٠,٢	١,٥ —	١٢,٧ —	٢١,١ —	٢٣,٣ —
١٩,١	٩,٨	١,٩ —	١٣,٠ —	٢١,٣ —	٢٣,٣ —
١٨,٨	٩,٥	٢,٣ —	١٣,٤ —	٢١,٤ —	٢٣,٢ —
١٨,٦	٩,١	٢,٧ —	١٣,٧ —	٢١,٦ —	٢٣,٢ —
١٨,٣	٨,٨	—	١٤,٠ —	—	٢٣,١ —

الأيام	يناير	فبراير	مارس	ابريل	مايو	يونيو
١	— ٢٣,٠	— ١٧,٢	— ٧,٨	٤,٣	١٤,٩	٢٢,٠
٢	— ٢٣,٠	— ١٦,٩	— ٧,٤	٤,٧	١٥,٢	٢٢,١
٣	— ٢٢,٩	— ١٦,٧	— ٧,٠	٥,١	١٥,٥	٢٢,٣
٤	— ٢٢,٨	— ١٦,٤	— ٦,٦	٥,٥	١٥,٨	٢٢,٤
٥	— ٢٢,٧	— ١٦,١	— ٦,٢	٥,٩	١٦,١	٢٢,٥
٦	— ٢٢,٦	— ١٥,٨	— ٥,٩	٦,٣	١٦,٤	٢٢,٦
٧	— ٢٢,٤	— ١٥,٥	— ٥,٥	٦,٦	١٦,٧	٢٢,٧
٨	— ٢٢,٣	— ١٥,١	— ٥,١	٧,٠	١٦,٩	٢٢,٨
٩	— ٢٢,٢	— ١٤,٨	— ٤,٧	٧,٤	١٧,٢	٢٢,٩
١٠	— ٢٢,٠	— ١٤,٥	— ٤,٣	٧,٨	١٧,٥	٢٣,٠
١١	— ٢١,٩	— ١٣,٢	— ٣,٩	٨,١	١٧,٧	٢٣,١
١٢	— ٢١,٧	— ١٣,٨	— ٣,٥	٨,٥	١٨,٠	٢٣,١
١٣	— ٢١,٦	— ١٣,٥	— ٣,١	٨,٩	١٨,٣	٢٣,٢
١٤	— ٢١,٤	— ١٣,٢	— ٢,٧	٩,٢	١٨,٥	٢٣,٢
١٥	— ٢١,٢	— ١٢,٨	— ٢,٣	٩,٦	١٨,٧	٢٣,٣
١٦	— ٢١,٠	— ١٢,٥	— ١,٩	٩,٩	١٩,٠	٢٣,٣
١٧	— ٢٠,٨	— ١٢,١	— ١,٥	١٠,٣	١٩,٢	٢٣,٤
١٨	— ٢٠,٦	— ١١,٨	— ١,١	١٠,٦	١٩,٤	٢٣,٤
١٩	— ٢٠,٤	— ١١,٤	— ٠,٨	١١,٠	١٩,٧	٢٣,٤
٢٠	— ٢٠,٢	— ١١,١	— ٠,٤	١١,٣	١٩,٩	٢٣,٤
٢١	— ٢٠,٠	— ١٠,٧	٠,٠	١١,٧	٢٠,١	٢٣,٤
٢٢	— ١٩,٨	— ١٠,٤	٠,٤	١٢,٠	٢٠,٣	٢٣,٤
٢٣	— ١٩,٦	— ١٠,٠	٠,٨	١٢,٤	٢٠,٥	٢٣,٤
٢٤	— ١٩,٣	— ٩,٦	١,٢	١٢,٧	٢٠,٧	٢٣,٤
٢٥	— ١٩,١	— ٩,٣	١,٦	١٣,٠	٢٠,٩	٢٣,٤
٢٦	— ١٨,٨	— ٨,٩	٢,٠	١٣,٣	٢١,٠	٢٣,٤
٢٧	— ١٨,٦	— ٨,٥	٢,٤	١٣,٧	٢١,٢	٢٣,٤
٢٨	— ١٨,٣	— ٨,١	٢,٨	١٤,٠	٢١,٤	٢٣,٣
٢٩	— ١٨,١		٣,٢	١٤,٣	٢١,٥	٢٣,٣
٣٠	— ١٧,٨		٣,٦	١٤,٦	٢١,٧	٢٣,٢
٣١	— ١٧,٥		٤,٠		٢١,٨	—

عنـــد الظهر الظاهرى عنـــد جرينوتش — ٣

يوليو	اغسطس	سبتمبر	اكتوبر	نوفمبر	ديسمبر
٢٣,٢	١٨,٢	٨,٥	— ٣,٠	— ١٤,٣	— ٢١,٧
٢٣,١	١٧,٩	٨,١	— ٣,٤	— ١٤,٦	— ٢١,٩
٢٣,٠	١٧,٧	٧,٨	— ٣,٨	— ١٤,٩	— ٢٢,٠
٢٢,٩	١٧,٤	٧,٤	— ٤,١	— ١٥,٢	— ٢٢,٢
٢٢,٨	١٧,١	٧,٠	— ٤,٥	— ١٥,٥	— ٢٢,٣
٢٢,٨	١٦,٩	٦,٦	— ٤,٩	— ١٥,٨	— ٢٢,٤
٢٢,٧	١٦,٦	٦,٣	— ٥,٣	— ١٦,١	— ٢٢,٦
٢٢,٥	١٦,٣	٥,٩	— ٥,٧	— ١٦,٤	— ٢٢,٧
٢٢,٤	١٦,٠	٥,٥	— ٦,١	— ١٦,٧	— ٢٢,٨
٢٢,٣	١٥,٧	٥,١	— ٦,٤	— ١٧,٠	— ٢٢,٩
٢٢,٢	١٥,٤	٤,٨	— ٦,٨	— ١٧,٣	— ٢٣,٠
٢٢,١	١٥,١	٤,٤	— ٧,٢	— ١٧,٦	— ٢٣,٠
٢١,٩	١٤,٨	٤,٠	— ٧,٦	— ١٧,٨	— ٢٣,١
٢١,٨	١٤,٥	٣,٦	— ٨,٠	— ١٨,١	— ٢٣,٢
٢١,٦	١٤,٢	٣,٢	— ٨,٣	— ١٨,٤	— ٢٣,٢
٢١,٥	١٣,٩	٢,٩	— ٨,٧	— ١٨,٦	— ٢٣,٣
٢١,٣	١٣,٦	٢,٥	— ٩,١	— ١٨,٩	— ٢٣,٣
٢١,١	١٣,٣	٢,١	— ٩,٤	— ١٩,١	— ٢٣,٤
٢١,٠	١٣,٠	١,٧	— ٩,٨	— ١٩,٣	— ٢٣,٤
٢٠,٨	١٢,٦	١,٣	— ١٠,٢	— ١٩,٦	— ٢٣,٤
٢٠,٦	١٢,٣	٠,٩	— ١٠,٥	— ١٩,٨	— ٢٣,٤
٢٠,٤	١٢,٠	٠,٥	— ١٠,٩	— ٢٠,٠	— ٢٣,٤
٢٠,٢	١١,٦	— ٠,١	— ١١,٢	— ٢٠,٢	— ٢٣,٤
٢٠,٠	١١,٣	— ٠,٣	— ١١,٦	— ٢٠,٥	— ٢٣,٤
١٩,٨	١٠,٩	— ٠,٦	— ١١,٩	— ٢٠,٧	— ٢٣,٤
١٩,٦	١٠,٦	— ١,٠	— ١٢,٣	— ٢٠,٩	— ٢٣,٤
١٩,٣	١٠,٣	— ١,٤	— ١٢,٦	— ٢١,٠	— ٣٣,٤
١٩,١	٩,٩	— ١,٨	— ١٢,٩	— ٢١,٢	— ٢٣,٣
١٨,٩	٩,٦	— ٢,٢	— ١٣,٣	— ٢١,٤	— ٢٣,٣
١٨,٦	٩,٢	— ٢,٦	— ١٣,٦	— ٢١,٦	— ٢٣,٢
١٨,٤	٨,٨	—	— ١٣,٩	—	— ٢٣,١

٤ ــ جدول ميول الشمس بعد السنة الكبيسة بثلاث سنوات

الأيام	يناير	فبراير	مارس	ابريل	مايو	يونيو
١	— ٢٣,١	— ١٧,٣	— ٧,٩	٤,٣	١٤,٨	٢٢,٠
٢	— ٢٣,٠	— ١٧,٠	— ٧,٥	٤,٦	١٥,١	٢٢,١
٣	— ٢٢,٩	— ١٦,٧	— ٧,١	٥,٠	١٥,٤	٢٢,٢
٤	— ٢٢,٨	— ١٦,٤	— ٦,٧	٥,٤	١٥,٧	٢٢,٣
٥	— ٢٢,٧	— ١٦,١	— ٦,٣	٥,٨	١٦,٠	٢٢,٥
٦	— ٢٢,٦	— ١٥,٨	- ٥,٩	٦,٢	١٦,٣	٢٢,٦
٧	— ٢٢,٥	— ١٥,٥	— ٥,٦	٦,٥	١٦,٦	٢٢,٧
٨	— ٢٢,٣	— ١٥,٢	— ٥,٢	٦,٩	١٦,٩	٢٢,٨
٩	— ٢٢,٠	— ١٤,٩	— ٤,٨	٧,٣	١٧,٢	٢٢,٩
١٠	— ٢٢,١	— ١٤,٦	— ٤,٤	٧,٧	١٧,٤	٢٣,٠
١١	— ٢١,٩	— ١٤,٣	— ٤,٠	٨,٠	١٧,٧	٢٣,٠
١٢	— ٢١,٨	— ١٣,٩	— ٣,٦	٨,٤	١٧,٩	٢٣,١
١٣	— ٢١,٦	— ١٣,٦	— ٣,٢	٨,٨	١٨,٢	٢٣,٢
١٤	— ٢١,٤	— ١٣,٣	— ٢,٨	٩,١	١٨,٤	٢٣,٢
١٥	— ٢١,٣	— ١٢,٩	— ٢,٤	٩,٥	١٨,٧	٢٣,٣
١٦	— ٢١,١	— ١٢,٦	— ٢,٠	٩,٩	١٨,٩	٢٣,٣
١٧	— ٢٠,٩	— ١٢,٢	— ١,٦	١٠,٢	١٩,٢	٢٣,٤
١٨	— ٢٠,٧	— ١١,٩	— ١,٢	١٠,٦	١٩,٤	٢٣,٤
١٩	— ٢٠,٥	— ١١,٥	— ٠,٨	١٠,٩	١٩,٦	٢٣,٤
٢٠	— ٢٠,٣	— ١١,٢	— ٠,٥	١١,٣	١٩,٨	٢٣,٤
٢١	— ٢٠,١	— ١٠,٨	٠,١	١١,٦	٢٠,٠	٢٣,٤
٢٢	— ١٩,٨	— ١٠,٥	٠,٣	١١,٩	٢٠,٢	٢٣,٤
٢٣	— ١٩,٦	— ١٠,١	٠,٧	١٢,٣	٢٠,٤	٢٣,٤
٢٤	— ١٩,٤	— ٩,٧	١,١	١٢,٦	٢٠,٦	٢٣,٤
٢٥	— ١٩,١	— ٩,٤	١,٥	١٢,٩	٢٠,٨	٢٣,٤
٢٦	— ١٨,٩	— ٩,٠	١,٩	١٣,٣	٢١,٠	٢٣,٤
٢٧	— ١٨,٦	— ٨,٦	٢,٣	١٣,٦	٢١,٢	٢٣,٤
٢٨	— ١٨,٤	— ٨,٢	٢,٧	١٣,٩	٢١,٣	٢٣,٣
٢٩	— ١٨,١		٣,١	١٤,٢	٢١,٥	٢٣,٣
٣٠	— ١٧,٩		٣,٥	١٤,٥	٢١,٧	٢٣,٢
٣١	— ١٧,٦		٣,٩		٢١,٨	

يوليو	اغسطس	سبتمبر	اكتوبر	نوفمبر	ديسمبر
٢٣,٢	١٨,٢	٨,٦	٢,٩ —	١٤,٢ —	٢١,٧ —
٢٣,١	١٨,٠	٨,٢	٣,٣ —	١٤,٥ —	٢١,٨ —
٢٣,٠	١٧,٧	٧,٨	٣,٧ —	١٤,٨ —	٢٢,٠ —
٢٣,٠	١٧,٥	٧,٥	٤,٠ —	١٥,١ —	٢٢,١ —
٢٢,٩	١٧,٢	٧,١	٤,٤ —	١٥,٥ —	٢٢,٣ —
٢٢,٨	١٦,٩	٦,٧	٤,٨ —	١٥,٨ —	٢٢,٤ —
٢٢,٧	١٦,٦	٦,٤	٥,٢ —	١٦,١ —	٢٢,٥ —
٢٢,٦	١٦,٤	٦,٠	٥,٦ —	١٦,٤ —	٢٢,٦ —
٢٢,٥	١٦,١	٥,٦	٦,٠ —	١٦,٦ —	٢٢,٨ —
٢٢,٣	١٥,٨	٥,٢	٦,٤ —	١٦,٩ —	٢٢,٨ —
٢٢,٢	١٥,٥	٤,٩	٦,٧ —	١٧,٢ —	٢٢,٩ —
٢٢,١	١٥,٢	٤,٥	٧,١ —	١٧,٥ —	٢٣,٠ —
٢١,٩	١٤,٩	٤,١	٧,٥ —	١٧,٨ —	٢٣,١ —
٢١,٨	١٤,٦	٣,٧	٧,٩ —	١٨,٠ —	٢٣,٢ —
٢١,٧	١٤,٣	٣,٣	٨,٢ —	١٨,٣ —	٢٣,٣ —
٢١,٥	١٤,٠	٢,٩	٨,٦ —	١٨,٦ —	٢٣,٣ —
٢١,٣	١٣,٧	٢,٦	٩,٠ —	١٨,٨ —	٢٣,٣ —
٢١,٢	١٣,٤	٢,٢	٩,٣ —	١٩,٠ —	٢٣,٤ —
٢١,٠	١٣,٠	١,٨	٩,٧ —	١٩,٣ —	٢٣,٤ —
٢٠,٨	١٢,٧	١,٤	١٠,١ —	١٩,٥ —	٢٣,٤ —
٢٠,٦	١٢,٤	١,٠	١٠,٤ —	١٩,٨ —	٢٣,٤ —
٢٠,٤	١٢,٠	٠,٦	١٠,٨ —	٢٠,٠ —	٢٣,٤ —
٢٠,٢	١١,٧	٠,٢ —	١١,١ —	٢٠,٢ —	٢٣,٤ —
٢٠,٠	١١,٤	٠,٢ —	١١,٥ —	٢٠,٤ —	٢٣,٤ —
١٩,٨	١١,٠	٠,٥ —	١١,٨ —	٢٠,٦ —	٢٣,٤ —
١٩,٦	١٠,٧	٠,٩ —	١٢,٢ —	٢٠,٨ —	٢٣,٤ —
١٩,٤	١٠,٣	١,٣ —	١٢,٥ —	٢١,٠ —	٢٣,٤ —
١٩,٢	١٠,٠	١,٧ —	١٢,٩ —	٢١,٢ —	٢٣,٣ —
١٨,٩	٩,٦	٢,١ —	١٣,٢ —	٢١,٤ —	٢٣,٣ —
١٨,٧	٩,٣	٢,٥ —	١٣,٥ —	٢١,٥ —	٢٣,٢ —
١٨,٥	٨,٩	×	١٣,٩ —	+	٢٣,٢ —

